Suivi environnemental
Premier semestre 2013

MILIEU MARIN



Vale Nouvelle-Calédonie
Année 2013

Vale Nouvelle-Calédonie
Année 2013

Sommaire

1. ACQUISITION DES DONNEES 2

1.1. LOCALISATION 2
1.1.1. Positionnement global des stations des suivis règlementaires du milieu marin Vale NC 2
1.1.2. Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau (St) 3
1.1.3. Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées (ST) 4
1.1.4. Stations de suivi de la bioaccumulation (éventuelle) des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (*Le caging*). 7
1.1.5. Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (S) 8
1.1.6. Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire 9
1.1.7. Points de suivi des flux sédimentaire 10
1.2. INDICATEURS SUIVIS 11
1.3. METHODES 16
1.3.1. Qualité des eaux marines : structure de la colonne d'eau et paramètres physico-chimiques 16
1.3.1.1. Structure physique de la colonne d'eau 16
1.3.1.2. Qualité chimique de la colonne d'eau 18
1.3.1.3. Fréquences des suivis physico-chimiques 22
1.3.1.4. Validation des résultats 22
1.3.2. Paramètres biologiques indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associées 23
1.3.2.1. Méthodologie 23
1.3.2.2. Fréquence minimale des missions de suivis des écosystèmes 26
1.3.2.3. Validation des résultats 26
1.3.3. Bioaccumulation des métaux et solvants dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines 27
1.3.4. Les sédiments : Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures 29
1.3.5. Les sédiments : Taux d'accumulation des sédiments 30
1.3.6. Les sédiments : Flux sédimentaires 30
1.3.6.1. Les flux de particules apportées par le réseau hydrologique de la Baie Kwé 31
1.3.6.2. Evaluation des flux de particules transportées par l'effluent 31

2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES EN AOUT 2013 33

2.1. SYNTHESE DES SUIVIS DU MILIEU MARIN EFFECTUES EN 2013 34
..... 35
2.2. ZONE D'INFLUENCE ET DE SUIVIS (POUR RAPPEL) 35

3. RESULTATS (PREMIER SEMESTRE 2013) 37

3.1. VALEURS REGLEMENTAIRES ET ETATS DE REFERENCES 37
3.2. VALEURS OBTENUES (PREMIER SEMESTRE 2013) 41
3.2.1. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer 41
3.2.2. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées 70
3.2.2.1. Rappels météorologiques 71
3.2.2.2. Bilan des observations par station suivie (au premier semestre 2013) 75
3.2.2.3. Comparaisons spatiales entre stations 81
3.2.2.4. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007 95
3.2.3. Suivi des bio-indicateurs transplantés (le caging) 120
3.2.4. Suivi des flux sédimentaires 121
3.2.5. Suivi spécifique au port de Prony (St16). Qualité de l'eau et sédiments. 130
3.2.6. Suivi des sédiments sur les 14 stations (mission triennale sauf au port où elle est annuelle) 131
3.2.7. Les conséquences des événements pluvieux exceptionnels du premier semestre 2013 132

4. CONCLUSION 146

5. INTERPRETATION ET DISCUSSION 147

6. BILAN DES NON-CONFORMITES 147

Tableaux

Tableau 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau, référentiel WGS-84 3
Tableau 2 : Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des écosystèmes (peuplements récifaux et poissons associés), référentiel RGNC 91 4
Tableau 3 : Localisation géographique des lieux de position des cages, référentiel WGS-84 7
Tableau 4 : Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments, référentiel WGS-84 8
Tableau 5 : Position des points de suivi des flux sédimentaires, référentiel WGS 84 10
Tableau 6 : Méthodes et limites de détection pour le suivi de la structure de la colonne d'eau de mer 18
Tableau 7 : Méthodes et limites de détection pour le suivi de la qualité de l'eau de mer 19
Tableau 8 : Méthodes et limites de détection pour le suivi des éléments nutritifs et autres en milieu marin 20
Tableau 9 : Méthodes et limites de détection pour la détection d'hydrocarbures 20
Tableau 10 : Méthodes et limites de détection pour le suivi des métaux en milieu marin 21
Tableau 11 : Méthodologie pour le suivi des écosystèmes marins (convention CCB 2009) 24
Tableau 12 : Composition du substrat 24
Tableau 13 : Méthodologie pour le suivi des espèces bio-indicatrices transplantées en cages 28
Tableau 14 : Méthodologie pour le suivi des sédiments 29
Tableau 15 : Méthodologie pour le suivi des sédiments : taux d'accumulation 30
Tableau 16 : Synthèse des suivis règlementaires effectués en 2012 avec rapports émis à la mi-août (bilan semestriel) 34
Tableau 17 : Synthèse des suivis supplémentaires effectués en 2012 35
Tableau 18 : Caractérisation du milieu marin – écosystèmes 39
Tableau 19 : pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse pour la campagne du premier semestre 2012 43
Tableau 20 : Températures et salinité 2012 46
Tableau 21 et carte associée: Caractéristiques et position des stations et de leurs *transects* 70
Tableau 22 et graphes associés : récapitulation des données ichtyologiques sur la station ST10 en réserve Merlet, (depuis 2007). 80
Tableau 23 : POISSONS 90
Tableau 24: Densités moyennes par station (sur les 3 *transects*) et variance de celle-ci (ind. /m²), par station et sur toutes les campagnes avec la même méthodologie sur liste restreinte 112
Tableau 25: Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes par station sur toutes les campagnes 113
Tableau 26: Analyse des biodiversités par station sur toutes les campagnes 115
Tableau 27 : Synthèse des résultats des missions règlementaires de suivis du milieu marin du 2eme semestre 2012. 146

Figures

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin 2
Figure 2 : Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau 3
Figure 3 : Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des écosystèmes 5
Figure 4 : Localisation géographique des cages de transplantation de bio indicateurs 7
Figure 5 : Localisation des stations de prélèvement des sédiments de surface et de la carotte ST133 de l'Île Ouen 9
Figure 6 : Localisation des stations d'étude du taux d'accumulation des sédiments 9
Figure 7 : Structure de la colonne d'eau sur la station ST13, le 16-03-10 Turbidité et fluorescence de la surface jusqu'au fond 17

Figure 8 : Structure de la colonne d'eau sur la station ST15, le 16-03-10, salinité et température, de la surface jusqu'au fond 17
Figure 9 : Concentration en Nickel dissous dans la colonne d'eau - Echantillonnage en sub-surface, à mi- profondeur et au fond, dans le canal de la Havannah et en baie de Prony....22
Figure 10 : Rappel des stations de suivi du milieu marin 35
Figure 11 : Stations d'étude pour la caractérisation du milieu marin depuis 1994 et fréquentation des stations....40
Figures 12 : Conditions météorologiques et état marées (campagnes lors du second semestre 2012 sur toutes les stations et au niveau de ST14 et ST16, une campagne supplémentaire a eu lieu en mai à raison du suivi trimestriel de ces deux stations) ...41
Figure 13a : Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Baie de Prony) ....
Figure 13b : Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Canal de la Havannah) ....
Figures 14 : MEST en surface, à mi profondeur et au fond ....
Figure 15 : Concentration de MES (S = surface, M = mi profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude 44
Figure 16 : Concentrations de nitrates + nitrites mesurées en surface, mi-profondeur et fond sur la station St15 du creek de la baie Nord lors des campagnes « saison sèche » (2007, 2009, 2010, 2011 et 2012) 54
Figure 17 : Rappel de la position et de la nomenclature des stations suivies 62
Figure 18 : Concentrations en Cobalt (Co) aux stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de aout 2007 à aout 2012. 63
Figure 19 : Concentrations en Co sur toutes les stations en aout 2012. ....
Figure 20 : Concentrations en Mn sur toutes les stations en aout 2012. 65
Figure 21 : Concentrations en Ni sur toutes les stations en aout 2012. ....
Figure 22: Concentrations en Cr VI sur toutes les stations en aout 2012....
Figure 23a : Concentrations en Cu sur toutes les stations en aout 2011 ....
Figure 23b : Concentrations en Cu sur toutes les stations en aout 2012
Figure 24a : Suivi annuel des métaux : Co, Cr VI, sur les 3 stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de aout 2007 à aout 2012. ....
Figure 24b : Suivi annuel des métaux : Co, Cr VI, sur les 3 stations caractéristiques des 3 grands domaines : St06 (Récif côtier de la baie Kwé), St 09 (centre canal de la Havannah) et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de aout 2007 à aout 2012. ....
Figure 25 : récapitulation des données ichtyologiques sur la station ST10 en réserve Merlet, (depuis 2007). 80
Figure 26 : Représentation cartographique – légende 81
Figure 27a : Résultats de la campagne de suivi, aout 2012 (Baie de Prony : ST01, ST02 et ST03 82
Figure 27b : Résultats de la campagne de suivi, aout 2012 (Canal de la Havannah) 83
Figure 28 : SUBSTRAT 86
Figures 29 a, b, c, d: BENTHOS: 88
Figure 29b: Détails au niveau des coraux : familles selon les stations 88
Figure 29c : Détails au niveau du benthos, selon des groupes d'Invertébrés (autres que les coraux) et par stations 89
Figures 29d : Détails au niveau des Invertébrés et Macrophytes selon les 3 grands compartiments : Canal de la Havannah, canal Woodin et baie du Prony
Figure 30: Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station, aout 2012 91
Figure 31 : Densité de poissons (individus par m2) par station, aout 2012 91
Figure 32a: Biomasse des poissons (liste restreinte règlementaire) par station. Mars 2012 92

Figure 32 b : Biomasse moyenne des poissons depuis 2007 (liste restreinte règlementaire) par station 92
Figure 33: Classement des stations en fonction de leur biodiversité α 93
Figure 33 -1 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux durs (scléractiniaires) depuis 2007 97
Figure 33-2 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2007 97
Figure 33-3 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2007 98
Figure 34 : Comparaison des richesses spécifiques des coraux, par station, entre aout 2007 et aout 2012 107
Figure 35 : Indicateurs de l'état de santé des coraux (occurrence du nombre d'espèces concernées par le recrutement, la mortalité, l'augmentation et la diminution d'abondance et le blanchissement) .....
Figure 36: Densités (toutes stations confondues) .....
Figure 37: Biomasse. Toutes les stations confondues 114
Figure 38: Biodiversité toutes stations.....
Figure 39 : Représentation par station des densités moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance.....
Figure 40 : Représentation par station des biomasses moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance.....
Figure 41 : Représentation par station des biodiversités moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance .....
Figure 42 : Récapitulation des résultats quant aux tests d'homogénéités selon les années et selon les stations..... 116
Figure 43 : Evolution de de la densité, biomasse, biodiversité .....
Figure 44 : Biodiversité α pour chaque station, depuis 2005. (Sur Liste d'observation exhaustive).
Figure 45 : Evolution de la biodiversité Bα par station et en moyenne sur toute la zone depuis 2005. (Sur Liste d'observation exhaustive).....
Figure 46 : Evolution moyenne globale de la biodiversité Bα sur la zone : Baie du Prony et sur la zone : canal de la Havannah séparées (Listes exhaustives des poissons) .....
Figure 47 : Rappel de la position des cages pour la croissance des algues et des bivalves transplantés dans une d'une cage de croissance par 10 m de profondeur..... 120
Figure 48 : Rappel de la position des stations d'études des flux sédimentaires..... 121
Figure 49 : Rappel de la position des stations suivies trimestriellement..... 130
Figure 50 : Rappel des positions des points de suivis au niveau du port de Prony. ST03 est une station de suivi fixe sous – marine.....

Annexes

Annexe 1 Liste restreinte des poissons faisant l'objet du suivi ichtyologique selon le plan de suivi règlementaire.

Annexe 2 Suivi environnemental de la qualité de la colonne d'eau de mer – La structure de la colonne d'eau- La qualité physico-chimique et les concentrations en métaux dissous (Premier semestre 2013).

Annexe 3 Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et dans le canal de la Havannah (Premier semestre 2013).

Annexe 4 Les flux sédimentaires (S2/2012 et S1/2013)

Annexe 5 Evolution de la couverture algale entre 2007 et 2012

Annexe 6 Abréviations et acronymes

INTRODUCTION

La surveillance du milieu marin s'effectue sur la base de quatre groupes d'indicateurs physico-chimiques et biologiques détaillés dans les chapitres suivants :

- Indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau de mer et de la structure de la colonne d'eau ;
- Bio-indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associés ;
- Bio-indicateurs de la bio- accumulation dans l'environnement par des algues et des bivalves élevés en cages ;
- Indicateurs physico-chimiques des sédiments marins :
    - géochimie,
    - flux et
    - sédimentologie.

Cette surveillance s'effectue au niveau de stations sous-marines selon les prescriptions règlementaires des arrêtés d'autorisation d'exploiter (du port et de l'usine) et de la Convention fixant les modalités de mise en œuvre de la démarche pour la conservation de la biodiversité, entre la Province Sud et Vale Nouvelle-Calédonie.

Arrêté ICPE : Installations portuaires du 13 juillet 2007.

Arrêté ICPE : Usine et UPM du 9 octobre 2008.

CCB : Convention Province Sud – Vale Nouvelle-Calédonie du 20 mars 2009 (Convention n° C238-09)

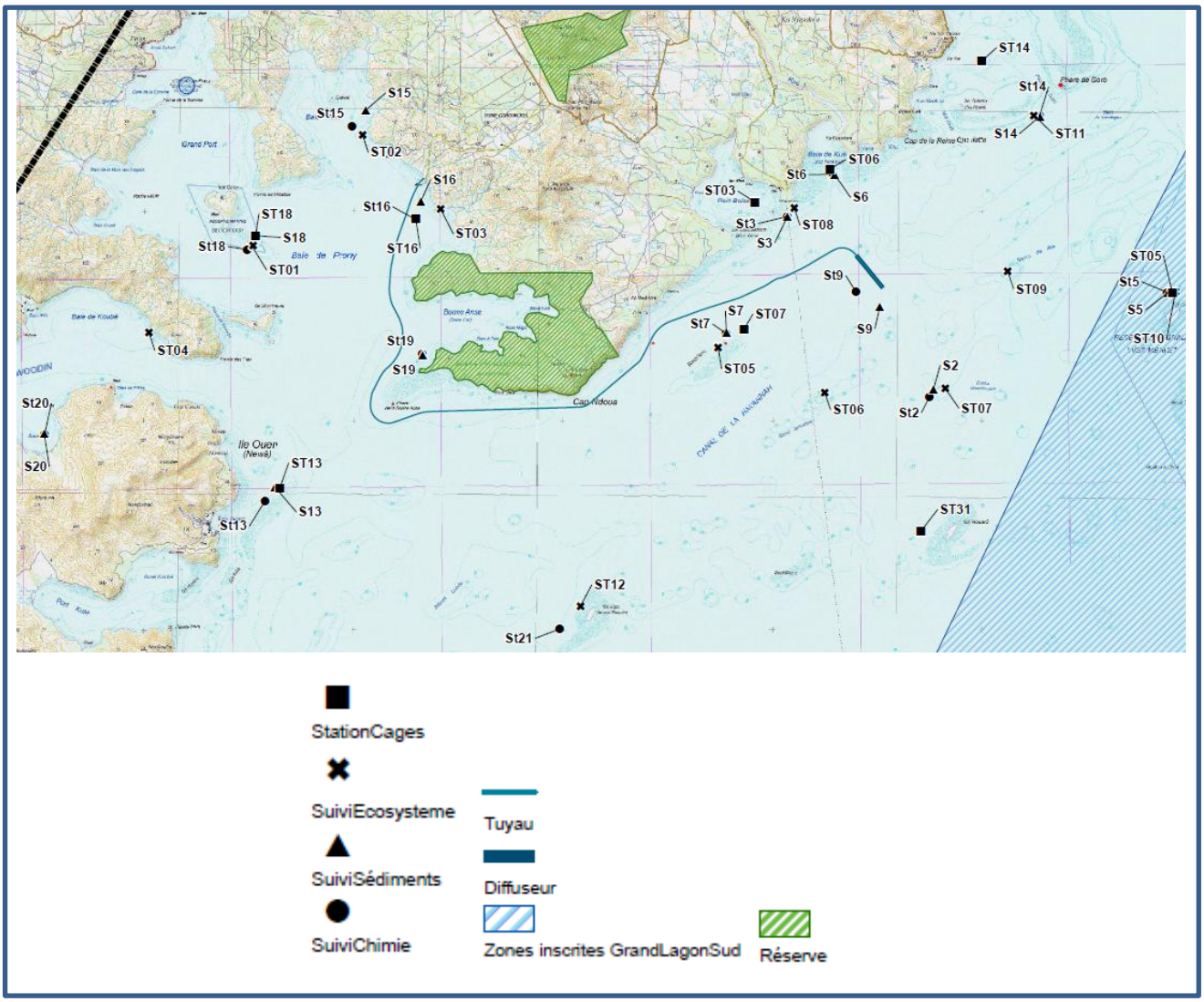
1. ACQUISITION DES DONNEES

1.1. Localisation

1.1.1. Positionnement global des stations des suivis règlementaires du milieu marin Vale NC

La carte suivante synthétise l'ensemble des points de suivi règlementaire du milieu marin.

Figure 1 : Stations et points de surveillance du milieu marin



Les paragraphes suivants reprennent les positions exactes de chaque station, en fonction des indicateurs suivis. La liste des paramètres suivis est présentée au chapitre 1.2 et la méthodologie pour chaque paramètre analysé est détaillée au chapitre 1.3.

1.1.2. Points de surveillance de la qualité des eaux marines : paramètres physico-chimiques de l'eau et structure de la colonne d'eau (St)

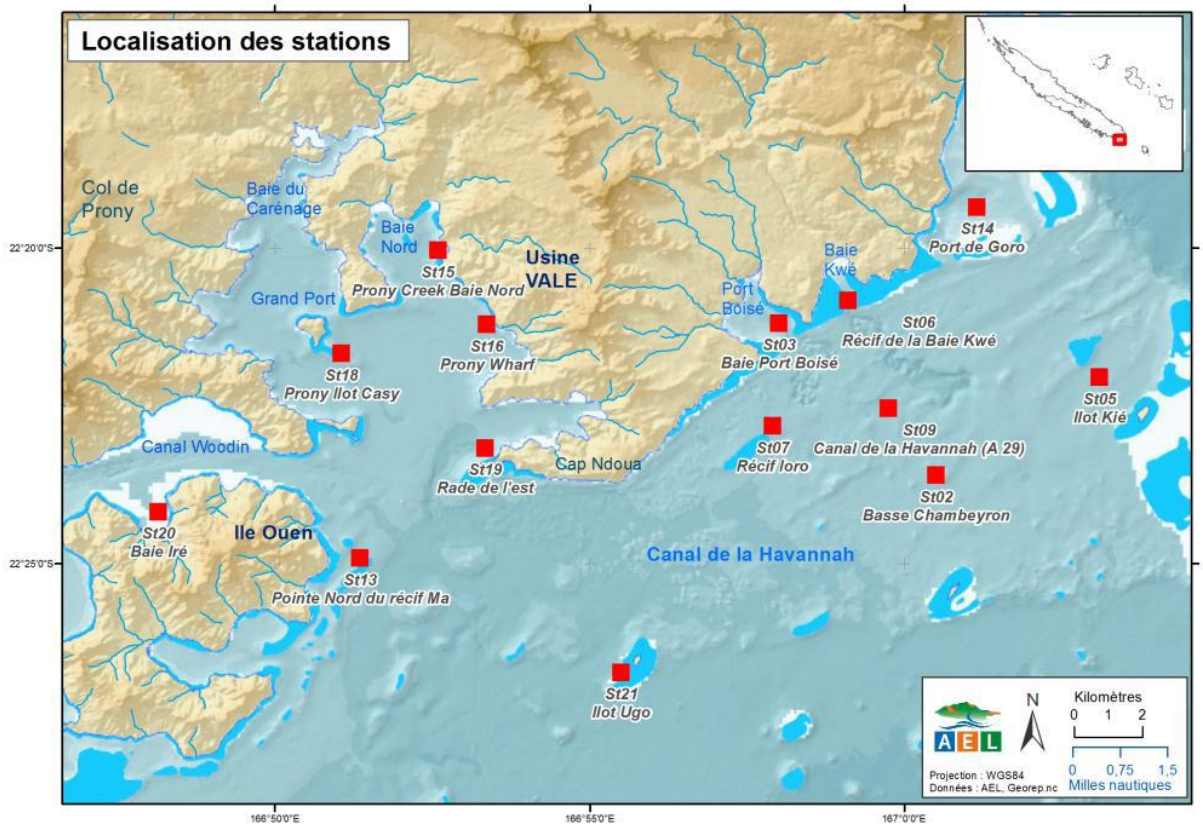
Le tableau suivant indique les positions règlementaires des points de prélèvement de l'eau de mer et la profondeur du lagon à ce poste, les prélèvements sont effectués en surface, à mi profondeur et au fond.

Tableau 1 : Localisation géographique des 14 stations de prélèvement d'eau, référentiel WGS-84

Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	St2	167° 00,506	22° 23,599	33
Baie Port Boisé	St3	166° 58,010	22° 21,190	29
Ilot Kié	St5	167° 03,100	22° 22,050	34
Récif de la Baie Kwé	St6	166° 59,112	22° 20,830	20
Récif loro	St7	166° 57,910	22° 22,820	41
Canal de la Havannah	St9	166° 59,754	22° 22,540	47
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	35
Port de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	37
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	25
Prony Wharf	St16	166° 53,365	22° 21,210	44
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	26
Rade de l'Est	St19	166° 53,340	22° 23,170	38
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	25
Ilot Ugo	St21	166°55,501	22°26,728	36

La carte suivante montre le positionnement de ces points.

Figure 2 : Localisation géographique des stations de prélèvement d'eau (St)



14 points sont suivis sur toute la colonne d'eau. En août 2009 la station dite « récif Hugo St 21 » a été ajoutée ; cette dernière est suivie sur tous les paramètres physico-chimiques ainsi que sur son aspect éco systémique selon les bio-indicateurs de l'étude : « État des peuplements récifaux et organismes associés ».

Le réseau de suivi physico-chimique de la qualité de d'eau de mer correspond à une surveillance :

- de l'effluent marin (traité puis rejeté au fond du canal de la Havannah) ;
- de la qualité des eaux des baies recevant des apports terrigènes via des creeks ;
- de la qualité de l'eau provenant des bassins versants sous influence de l'usine, de la mine ou du parc des résidus ;
- de la qualité de l'eau sous l'influence du port de Prony ;
- et à une veille renforcée à l'égard de l'île Ouen, de la population en baie de Goro et de la réserve Merlet.

1.1.3. Stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées (ST)

Les tableaux suivants présentent la position des 12 stations fixes de surveillance de la santé des écosystèmes par un suivi des peuplements récifaux et des poissons, dans le domaine d'influence du projet global Vale NC.

Tableau 2 : Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des peuplements récifaux et poissons associés dans le canal de la Havannah (référentiel RGNC 91)

Stations	Localisation	Longitude	Latitude
ST05	Récif Ioro	166°57.507	22°23.072
ST06	Banc Ionontea	166°58.995	22°23.650
ST07	Basse Chambeyron	167°00.671	22°23.591
ST08	Récif Pointe Puka	166°58.566	22°21.243
ST09	Banc de Kié	167°01.529	22°22.070
ST010	Ilot Kié	167°03.862	22°22.324
ST011	Récif Touémo	167°01.875	22°20.046
ST012	Ugo	166°55.625	22°26.438

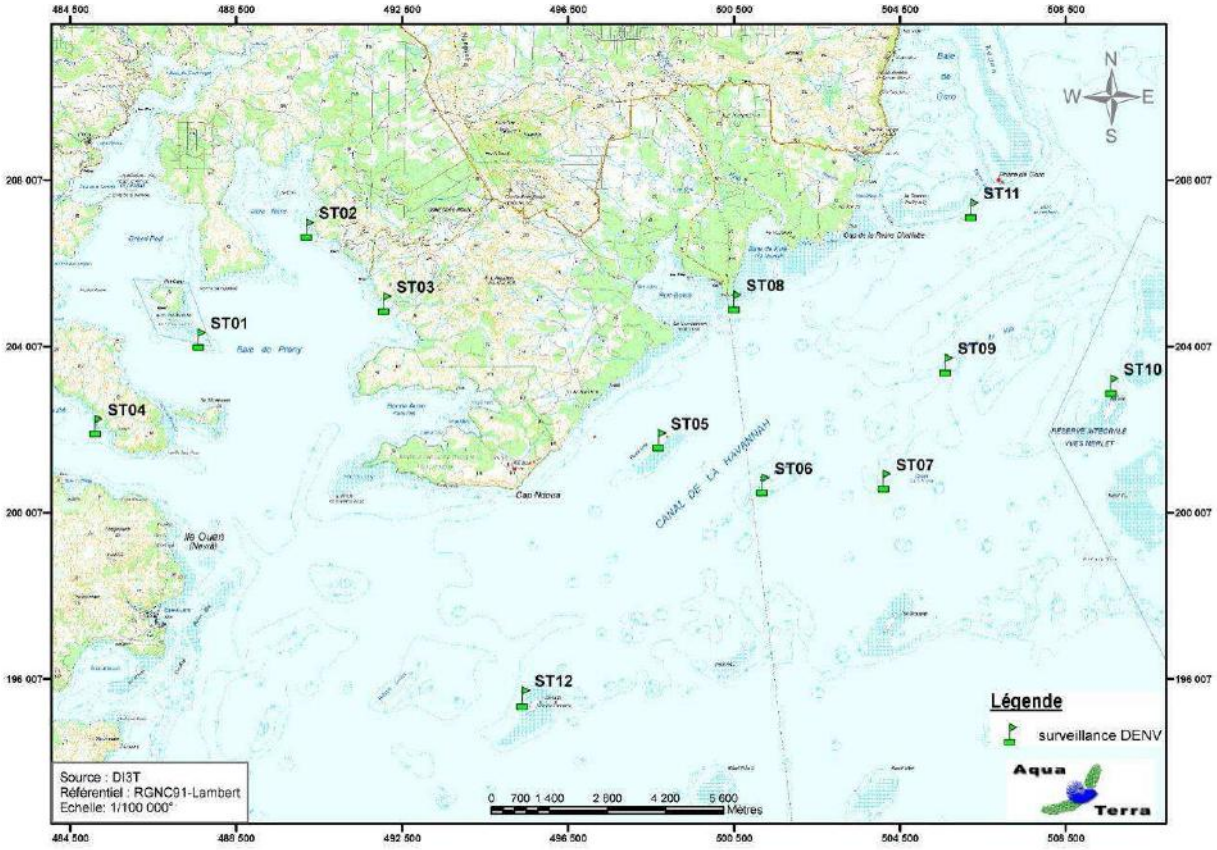
Tableau 3: Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivi des peuplements récifaux et poissons associés en baie de Prony et dans le canal Woodin (référentiel RGNC 91)

Stations	Localisation	Longitude	Latitude
ST01	Ilot Casy	166°51.033	22°21.799
ST02	Creek de la baie Nord	166°52.546	22°20.356
ST03	Port de Prony	166°53.639	22°21.312
ST04	Canal Woodin	166°49.593	22°22.933

D'autres points sont suivis selon événements ou suivis supplémentaires, notamment en baie du Prony.

La carte suivante présente les stations qui sont bien localisées par des piquets sous-marins.

Figure 3 : Localisation géographique des stations fixes sous-marines de suivis des écosystèmes Peuplements récifaux et poissons associés



Les stations de suivi de l'état des peuplements récifaux et des populations associées sont au nombre de 12 :

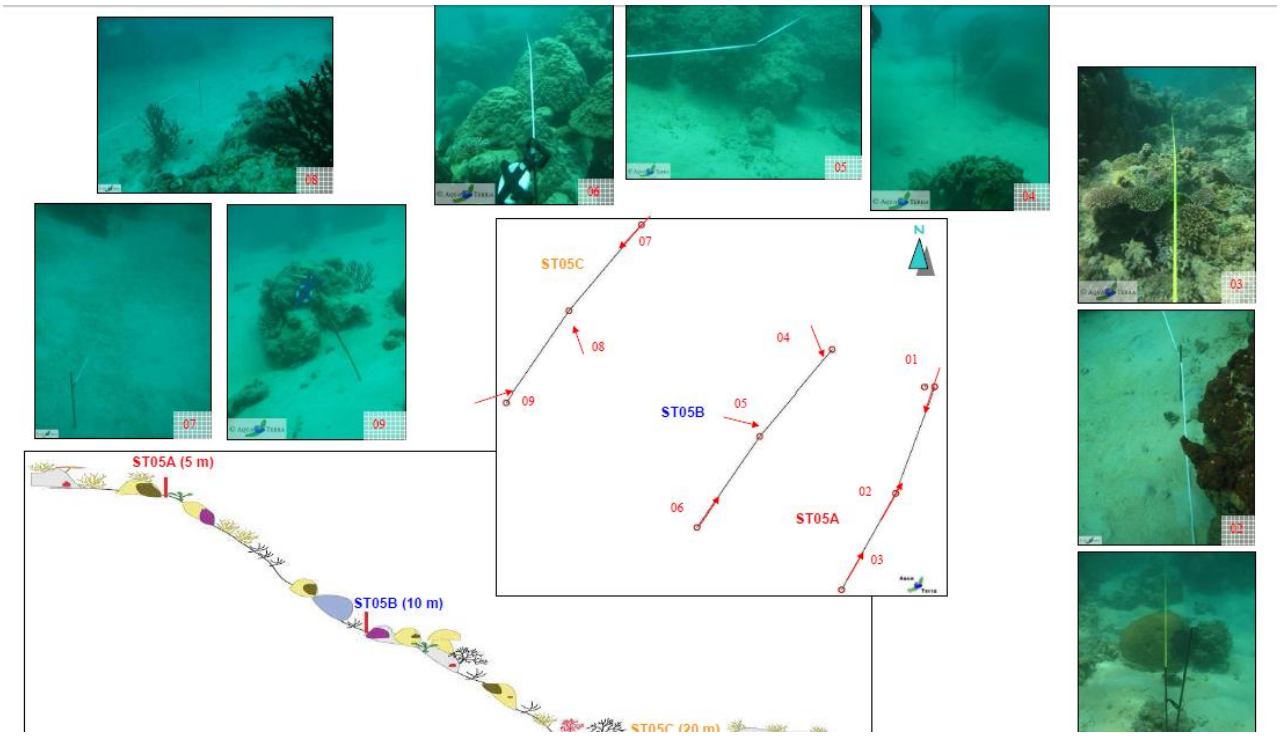
- 7 dans le Canal de la Havannah, dont une en réserve Merlet (une demande d'autorisation spéciale est effectuée auprès de la Province sud afin de pouvoir l'inventorier deux fois par an) ;
- 3 dans la Baie de Prony ;
- 1 à l'entrée du canal Woodin ;
- 1 station supplémentaire est inventoriée depuis juin 2009 : Ugo ST12 située à l'est de l'île Ouen.

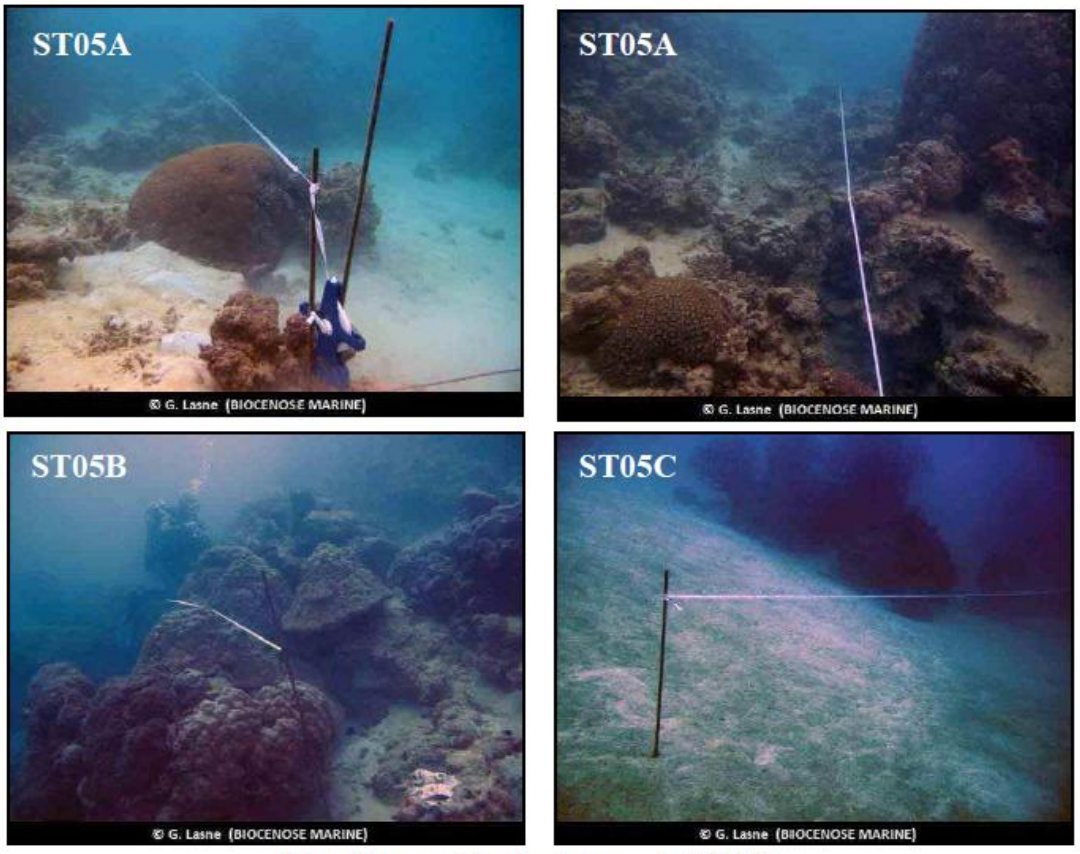
Une station est constituée de 3 *transects* fixes délimités sur le fond par des piquets implantés. Elle peut ne comporter que 2 *transects* si la topologie du fond ne permet pas d'en placer 3.
Un schéma structural de chaque station est réalisé à la fin de chaque mission, avec iconographie associée, selon l'exemple présenté sur la figure suivante. En cas de nécessité d'évaluation par des spécialistes non habitués aux lieux un tel schéma facilite grandement l'approche de la station sous-marine, surtout si la visibilité est faible.

Rappel : Vale NC se conforme aux prescriptions de suivis et à la méthodologie qui lui est imposée par les arrêtés ICPE (2007) et la Convention CCB avec la Province Sud (en 2008), un atelier a travaillé pour définir la méthodologie à employer en mars 2006 sous l'impulsion de la DENV et des biologistes marins calédoniens ayant participé aux états des lieux.
Les stations ciblées ont été inventoriées de façon rigoureusement comparable depuis 2007, depuis 6 ans avec un recul de 10 passages sur celles-ci.

Remarque : d'autres zones sont suivis selon événements ou suivis supplémentaires, notamment en baie du Prony.

Figure 4 : Exemple de schéma structural qui représente une station : La stationST05





Vue d'ensemble des transects (ST05)

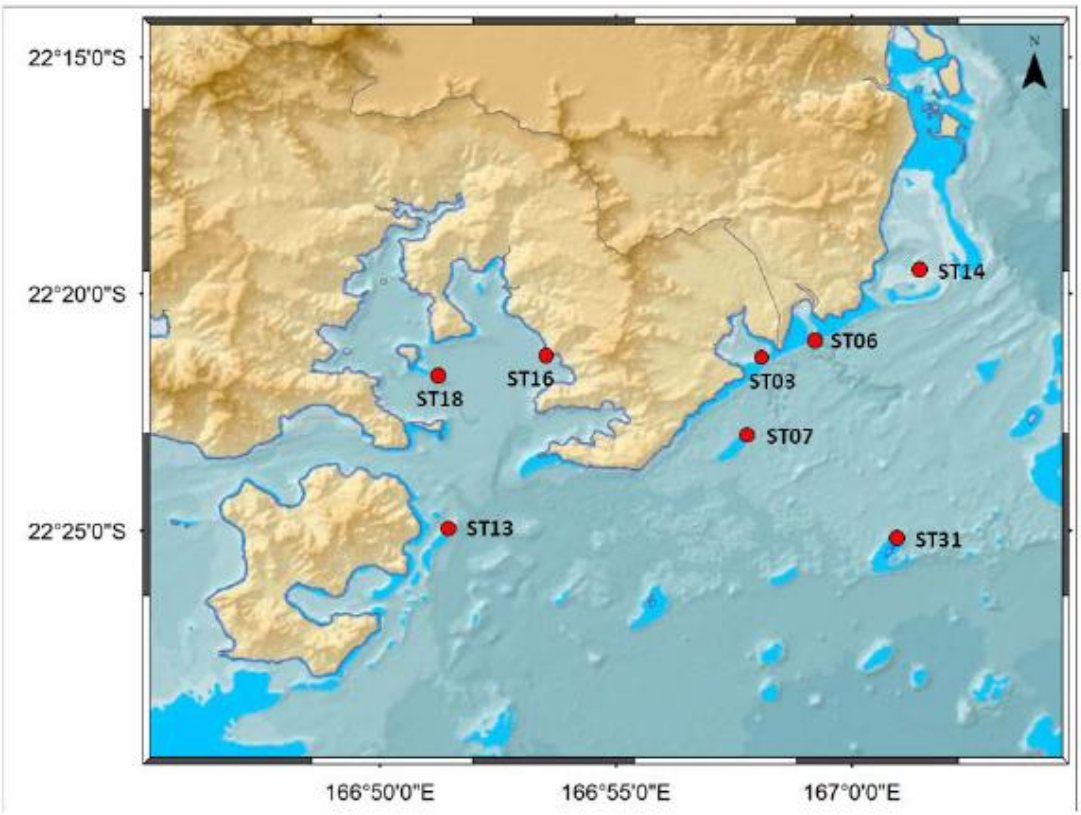
1.1.4. Stations de suivi de la bioaccumulation (éventuelle) des métaux dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines (*Le caging*).

Tableau 4 : Localisation géographique des lieux de position des cages, référentiel WGS-84

Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur de la zone (en m)	Profondeur d'immersion de la cage (en m)
Chenal Baie Port Boisé	St03	166° 58,011	22° 21,190	28,4	10,5
Chenal de la Baie Kwé	St06	166° 59,117	22° 20,829	27,2	10
Récif loro	St07	166° 57,633	22° 22,893	38,5	12,5
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,356	22° 24,914	32 ,4	10
Port naturel de Goro	St14	167° 01,153	22° 19,351	35,2	12,5
Port de Prony	St16	166° 53,290	22° 21,441	42,6	12,5
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,068	22° 21,667	22	10
Ilot Nouaré	St31	167° 00,450	22° 25,560	35	11,5

Les cages ne doivent pas être placées à une profondeur trop grande, en fonction de la turbidité, afin que la photosynthèse puisse être effectuée par les algues en croissance dans les cages. Il est recommandé de les immerger entre 9 et 12m de profondeur.

Figure 5 : Localisation géographique des cages de transplantation de bio indicateurs



Il existe 8 stations de transplantation d'espèces bio-indicatrices en cages. Le choix de leur position a été effectué d'après les conseils d'experts, suite aux études prédictives du comportement de l'effluent[1] (et après validation par la direction de l'environnement de la province Sud – DENV- en 2009).

Elles ont été choisies dans l'objectif de réaliser la surveillance d'une éventuelle pression :

- du port de Prony ;
- de l'effluent marin (traité puis rejetée au fond du canal de la Havannah) ;
- des embouchures des creeks (sous bassin versant d'influence du projet : usine ou mine)
- des apports terrigènes au niveau des baies.
- Et pour rassurer les populations en zone proche de l'île Ouen et tribu de Goro
- La cage située au niveau de la station St 31 est un témoin référentiel.

Le retour d'expérience montre que l'emplacement des cages doit éviter leur perte qui peut être due à trois causes :

– une agitation trop forte de la zone exposée au ressac, les cages doivent pouvoir tenir en place trois mois,
– une zone de passages fréquents de bateaux. Elles doivent être placées en dehors d'une zone de trafic portuaire ou maritime.
– ou bien des bouées de marquage trop visibles qui attirent l'attention et qui sont volées avec pour conséquences des cages perdues ou dégradées.

1.1.5. Points de suivi des sédiments – qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures (S)

Le suivi de la qualité des sédiments marins est effectué sur les stations indiquées dans le tableau suivant.

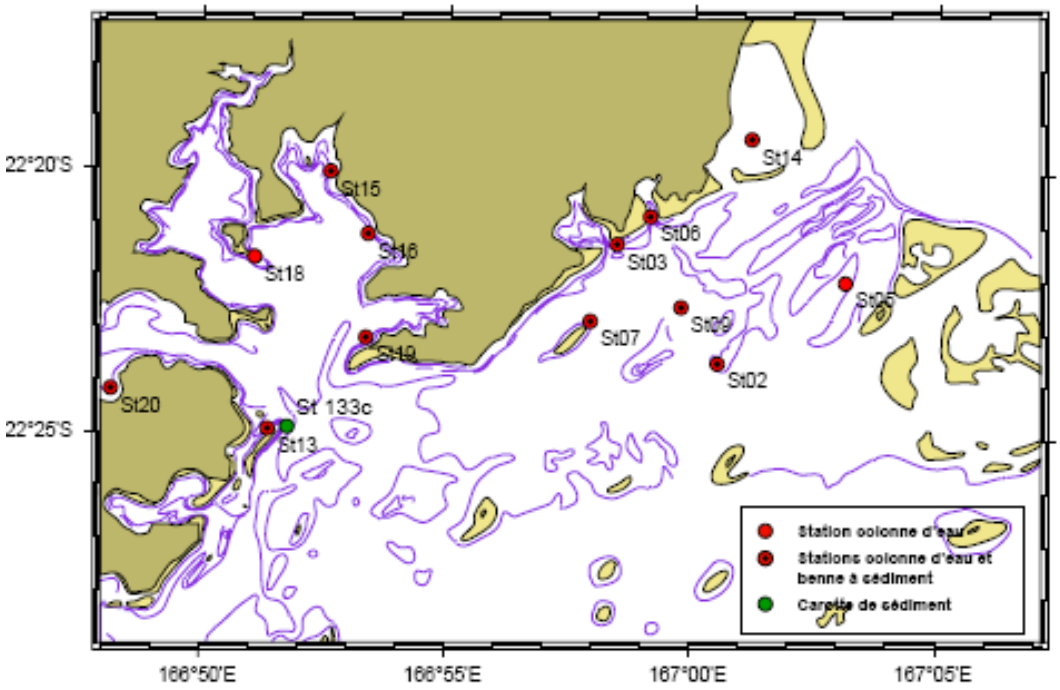
Tableau 5 : Localisation géographique des points de prélèvement de sédiments, référentiel WGS-84

Localisation	Station	Longitude E	Latitude S	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	S2	167° 00,506	22° 23,599	33
Baie Port Boisé	S3	166° 58,010	22° 21,190	29
Ilot Kié	S5	167° 03,100	22° 22,050	34
Récif de la Baie Kwé	S6	166° 59,112	22° 20,830	20
Récif loro	S7	166° 57,910	22° 22,820	41
Canal de la Havannah	S9	166° 59,754	22° 22,540	47
Pointe Nord du récif Ma	S13	166° 51,354	22° 24,914	35
Port de Goro	S14	167° 01,160	22° 19,350	37
Prony Creek Baie Nord	S15	166° 52,590	22° 20,037	25
Prony Wharf	S16	166° 53,365	22° 21,210	44
Prony Ilot Casy	S18	166° 51,061	22° 21,668	26
Rade de l'est	S19	166° 53,340	22° 23,170	38
Baie Iré	S20	166° 48,150	22° 24,180	25
Ilot Ugo	S21	166°55,501	22°26,728	36
+ Ile Ouen	S133	166° 52,398	22° 25,147	60

La carte suivante montre ces stations de surveillance.

[1] Convention de recherche IRD-Vale Nouvelle-Calédonie n°1124 : *« Etude sur le comportement, la dispersion et les effets biologiques des effluents industriels dans le lagon Sud de la Nouvelle-Calédonie »* portant sur 3 années d'étude, de 2007 à 2009.

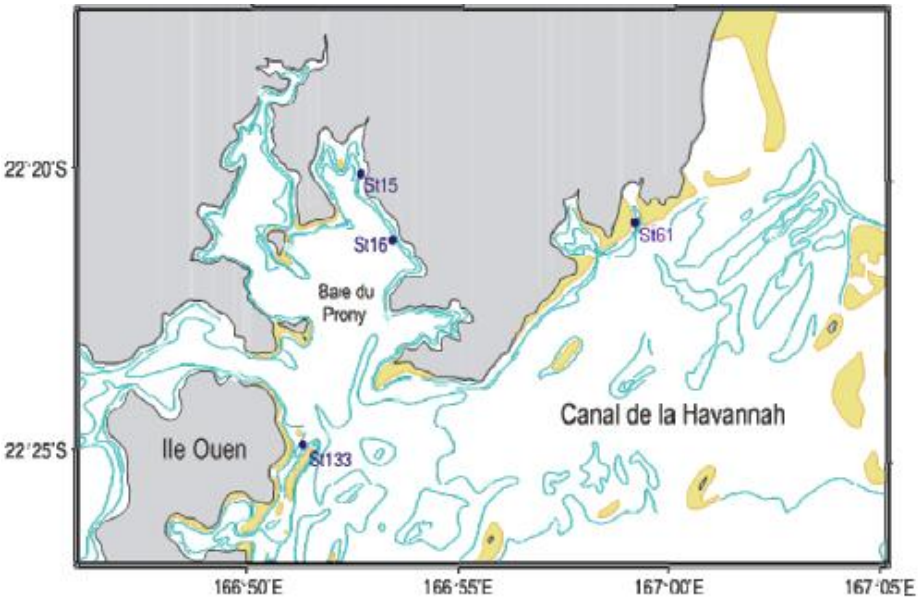
Figure 6 : Localisation des stations de prélèvement des sédiments de surface et de la carotte ST133 de l'Île Ouen



1.1.6. Points de suivi du taux d'accumulation sédimentaire

Deux stations sont installées en baie de Prony : au niveau de l'embouchure du creek de la Baie Nord et près du port de Prony ; une station se trouve dans la baie Kwé et une autre, la station ST33, est située à l'Est de l'île Ouen. 3 stations sont suivies de façon triennale et la station du port est, quant à elle, est suivie de façon annuelle.

Figure 7 : Localisation des stations d'étude du taux d'accumulation des sédiments



Localisation des sites de carottage du suivi triennal des taux d'accumulation (Stations St06-1, St15 et St13-3). Localisation de la carotte St16 pour le suivi annuel des impacts du port de commerce de Vale-NC.

1.1.7. Points de suivi des flux sédimentaire

Les flux des sédiments sont suivis sur 3 postes indiqués sur le tableau suivant

Tableau 6 : Position des points de suivi des flux sédimentaires, référentiel WGS 84

Station	Latitude S	Longitude E	Profondeur
St60SW	22°22.154	166°59.621	37m
St60NE	22°22.113	166°59.677	39m
StKW-1	22°20.75	166°59.144	18m

Les photographies suivantes montrent la position de ces postes de suivis, dans le canal d'ouverture de la Baie Kwé et de part et d'autre du diffuseur. Le diffuseur est schématisé par un trait rouge sur la première photographie.





REMARQUE

En ce qui concerne le milieu marin, les stations de suivis réglementaires ont été listées dans les chapitres précédents, elles sont inscrites dans l'arrêté ICPE 2007 et dans la convention CCB avec la Province- Sud- 2008.Vale NC s'y conforme entièrement. Cependant la surveillance effectuée par Vale Nouvelle-Calédonie est plus poussée que celle qui est imposée par les prescriptions réglementaires.

Les résultats des suivis supplémentaires sous initiative Vale Nouvelle-Calédonie (stations supplémentaires, fréquences de suivis accrues ou indicateurs supplémentaires : les cyanobactéries, le corail, les espèces exogènes, la liste exhaustive des poissons inventoriés, le suivi de la biodiversité, le suivi des couvertures algales etc.) ne sont pas inclus dans les rapports des suivis semestriels. Cependant ces résultats d'études supplémentaires sont communiqués aux autorités compétentes à leur demande.
Vale NC garde l'initiative de telles études quand elles ne sont pas réglementaires, ni via les arrêtés ICPE ni via la Convention pour la conservation de la biodiversité (CCB).

1.2. Indicateurs suivis

- **Les indicateurs biologiques** : les paramètres suivis sont les suivants :

Tableau 7 : Indicateurs biologiques Suivis semestriels.

	Stations	LIT SUBSTRAT 28 items	BENTHOS	POISSONS Nb Individus Densité Biomasse/m2 (Liste restreinte)
Baie du Prony	ST01	X	X	X
	ST02			
	ST03			
Canal Woodin	ST04			
Canal de la Havannah	ST05	X	X	X
	ST06	X	X	X
	ST07			
	ST08			
	ST09			
	ST11			
	ST12			
Témoins	ST10	X	X	X

Pour les Bio- Indicateurs : Algues et coquillages, les paramètres suivis sont les suivants:

			Métaux							
		Indice de condition physiologique	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Baie du Prony	ST16	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ST18									
Ile Ouen	ST13									
Canal de la Havannah	ST03									
	ST06									
	ST07									
	ST14									
Témoins	ST31									

- **Les Indicateurs physico -chimiques** :

Les paramètres suivis sont indiqués dans les tableaux suivants, pour la colonne d'eau et pour les sédiments.

Tableaux 8 : Ensemble des paramètres physiques et chimiques

COLONNE D'EAU

Suivi semestriel (Février/août)

		PHYSICO-CHIMIE						ELEMENTS MAJEURS							SELS NUTRITIFS				MATIERE ORGANIQUE								ELEMENTS METALLIQUES									
	Station	T	S	F	turb	MES	pH	Ca	K	Mg	Na	CO3	Cl	SO4	NO3	NH4	PO4	SiO4	NOD	POD	COP	NOP	POP	Chl	HCT	Phéo	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cr	Cr(VI)
Baie du Prony	St14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C Woodin	St20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Canal de la Havannah	St02	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St03	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St05	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St06	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St07	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St09	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St21	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

HCT= Hydrocarbure totaux ; CO3= Carbonates (Au port ST16 et en face le creek de la Baie Nord ST15) ; S : surface, F : au fond ; T : zone intermédiaire.

Suivi trimestriel (Mai/Nov.)

		PHYSICO-CHIMIE						ELEMENTS MAJEURS							SELS NUTRITIFS				MATIERE ORGANIQUE								ELEMENTS METALLIQUES									
	Station	T	S	F	turb	MES	pH	Ca	K	Mg	Na	CO3	Cl	SO4	NO3	NH4	PO4	SiO4	NOD	POD	COP	NOP	POP	Chl	HCT	Phéo	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cr	Cr(VI)
Baie du Prony	St14	x	x	x	x	x	x			x				x											x			x	x			x	x		x		x	x
	St15	x	x	x	x	x	x			x		x		x											x			x	x			x	x		x		x	x

GEOCHIMIE DES SEDIMENTS

		PHYSICO-CHIMIE					GEOCHIMIE (PHASE OXYDABLE)								GEOCHIMIE (PHASE ACIDO-SOLUBLE)								GEOCHIMIE (PHASE REDUCTIBLE)								GEOCHIMIE (PHASE REFRACTAIRE)							
	Station	Gr	Min	Carb	S-lix	S-éch	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Baie du Prony	St14	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St15	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St18	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St19	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C Woodin	St20	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Canal de la Havannah	St02	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St03	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St05	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St06	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St07	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St09	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St13	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St21	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Suivi triennal (2015)

Prochain suivi en 2015 pour les 14 stations, mais au niveau du port le suivi est annuel pour les sédiments

Suivi annuel Baie du Prony St16

		PHYSICO-CHIMIE					GEOCHIMIE (PHASE OXYDABLE)								GEOCHIMIE (PHASE ACIDO-SOLUBLE)								GEOCHIMIE (PHASE REDUCTIBLE)								GEOCHIMIE (PHASE REFRACTAIRE)							
	Station	Gr	Min	Carb	S-lix	S-éch	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Baie du Prony	St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

TAUX D'ACCUMULATION

Suivi triennal

		PHYSICO-CHIMIE					GEOCHIMIE					
	Station	Granulo	Minéralo	Densité	Pb-210	Ra-226	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
B Kwé	St06	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C Havannah	St13-3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B du Prony	St15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

DENSITE DE FLUX PARTICULAIRE

Suivi semestriel

		PHYSICO-CHIMIE						GEOCHIMIE (ELEMENT TOTAUX)						
	Station	Granulo	Minéralo	CaCO3	Obs micros	MES	HCT	Ca	S	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Canal de la Havannah	St60-SW	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St60-NE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St06-KW1	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x

Liste et localisation des stations de prélèvement dans la colonne d'eau, les fonds sédimentaires et les organismes marins.

LOCALISATION	Station/ secteur	Type de suivi					
		Physico-chimie eau	Géochimie sédiments	Taux accumulation	Flux particules	Bioacc (transplant)	Suivi sanitaire
Basse Chambeyron	St02	X	X				
Baie Port Boisé	St03	X	X			X	
Ilot Kié	St05[34]	X	X				
Baie Kwé	St06	X	X	X	X	X	
Récif loro	St07	X	X			X	
Canal de la Havannah	St09	X	X				
Pointe Nord du récif Ma	St13	X	X	X		X	
Port de Goro	St14	X	X			X	
Prony Creek Baie Nord	St15	X	X	X			
Prony Wharf	St16	X	X	X		X	
Prony Ilot Casy	St18	X	X			X	
Rade de l'est	St19	X	X				
Baie Iré	St20	X	X				
Ilot Ugo	St21	X	X				
Ilot Nouaré	St31					X	
Diffuseur	St60 SW	X			X		
	St60 NE	X			X		
Bord de côte P-Boisé-Goro	*St03, St06, St14*	*X*	*X*				*X*
Ile Ouen	*St13, St20*	*X*	*X*				*X*
Baie du Prony	*St15, St16, St18, St19*	*X*	*X*				*X*
Canal Havannah (centre)	*St02, St05, St07, St09*	*X*	*X*				*X*

1.3. Méthodes

Rappel : L'annexe 6 de la Convention pour la Conservation de la Biodiversité (CCB 2008) présente les plans de suivi des milieux « vivants » (biologiques), les indicateurs sélectionnés, les positions des stations et la méthodologie de chacun des suivis. Le plan de suivi du milieu marin constitue l'annexe 6.4. de la CCB et Vale Nouvelle-Calédonie se conforme à ces prescriptions.

1.3.1. Qualité des eaux marines : structure de la colonne d'eau et paramètres physico-chimiques

Les paramètres analysés et les limites de détection selon les méthodologies d'analyse sont rappelés de façon intégrale dans chaque rapport de suivi, ainsi qu'en annexe 6.4 de la Convention pour la conservation de la biodiversité.

La caractérisation d'un état de référence de la qualité physico-chimique de la colonne d'eau marine a été initiée dès 2000 et s'est poursuivie jusqu'en 2007 (Conventions IRD-Goro-Nickel n°1142 de 2005 et n°1312 de 2007). Cet état de référence a été effectué sur 18 stations. Les méthodologies de prélèvement et d'analyse des échantillons d'eau de mer, développées par l'IRD de Nouméa, ont été respectées au cours des différentes campagnes de suivi.
Si une modification avait lieu elle serait automatiquement indiquée dans le rapport correspondant afin de prendre en compte l'éventualité des biais méthodologiques.

1.3.1.1. Structure physique de la colonne d'eau

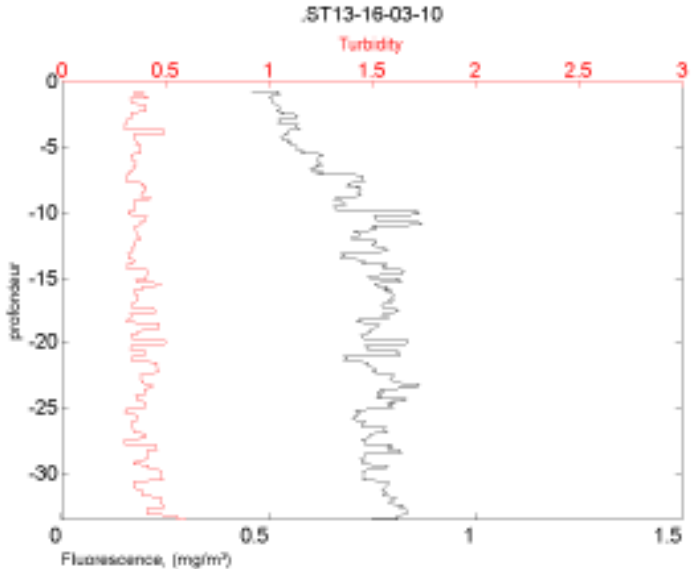
Les paramètres suivis en sub-surface (à moins de 3 m de profondeur), à mi- profondeur et au fond (à moins de 3 m du fond) de la colonne d'eau sur chacune des 14 stations sont les suivant :

- température,
- salinité,
- fluorescence, *irradience*
- turbidité,

Ces paramètres sont des indicateurs classiques de la structuration verticale de la colonne d'eau de mer reconnus internationalement depuis de nombreuses années.
Les mesures de température, salinité, fluorescence et turbidité sont nécessaires pour déterminer la stratification verticale des masses d'eau et pour détecter la présence d'une thermocline.
En milieux côtier et estuarien, la salinité est un traceur des apports d'eaux douces. La turbidité est définie comme étant la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes ». Elle peut indiquer l'existence d'apports en particules provenant des rivières (apports terrigènes caractéristiques des stations côtières de la baie de Prony, du canal de la Havannah et du canal Woodin), d'une remise en suspension de dépôts sédimentaires ainsi que de florescence planctonique. La fluorescence permet d'estimer la concentration en pigments chlorophylliens et donc de quantifier globalement la biomasse du phytoplancton.
La mesure NTU de la turbidité est une méthode néphélométrique actuellement normalisée pour mesurer la turbidité de l'eau. Le turbidimètre néphélométrique mesure l'intensité de la lumière dispersée à un angle de 90 degrés par rapport au trajet de la lumière incidente.
Cette diffusion est surtout liée aux matières en suspension et elle dépend de la taille, de la forme et de l'indice de réfraction des particules ainsi que de la longueur d'onde de la lumière incidente. Les substances dissoutes agissent très peu sur ce coefficient de diffusion (dans le cas d'une eau pure sans particules).
La transparence de l'eau, quant à elle, dépend de la coloration de l'eau (liée à la présence de substances dissoutes) et des teneurs en MES, provenant du lessivage des sols (particules terrigènes), de l'érosion des fonds marins et de l'activité biologique.
Il y a donc une corrélation entre MES et la turbidité en NTU

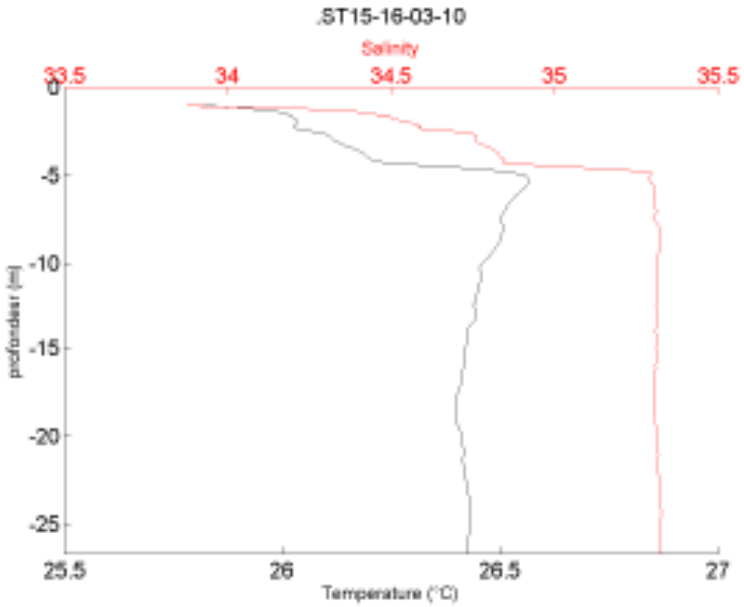
Pour chacune des stations suivies des profils verticaux obtenus sont présentés selon les schémas suivants qui permettent une lecture rapide adaptée à cette méthodologie (voir figures 7, 8 et 9) :

Figure 8 : Structure de la colonne d'eau sur la station ST13, le 16-03-10 Turbidité et fluorescence de la surface jusqu'au fond



Cette figure ci-dessus signifie que la turbidité et la fluorescence ont été enregistrées par une sonde multiparamétrique, entre 0 et 35 m de fond, sur la station St13 du récif Ma (pour cet exemple), le 16/03/2010 ; l'état de la marée et la pluviométrie au moment précis de ces relevés ont été notés. Une telle structure est dite « homogène », elle est caractéristique du canal de la Havannah ; par opposition à la structure suivante qui montre que la colonne d'eau n'est pas homogène en baie du Prony.

Figure 9 : Structure de la colonne d'eau sur la station ST15, le 16-03-10, salinité et température, de la surface jusqu'au fond



Cette figure ici dessus signifie que la salinité et la température entre 0 et 26 m de profondeur ont été enregistrées par la sonde multiparamétrique sur la station St15 du creek de la Baie Nord, le 13/03/2010. L'eau de surface véhiculée par ce creek est nettement détectée et indiquée par le profil des courbes : dessalure sur les 6 premiers mètres, température de l'eau de surface plus basse. L'état

de la marée et la pluviométrie au moment de ces relevés ont été notés, ils sont corrélés à la structure de la colonne d'eau.

Méthodes et limites de détection

La fréquence d'acquisition des données étant de 0,5 secondes et la vitesse de descente d'environ 0,5 m/s, une série d'acquisition est générée tous les 25 cm environ.

Tableau 8 : Méthodes et limites de détection pour le suivi de la structure de la colonne d'eau de mer avec des sondes multiparamétriques

Prélèvements	Sonde multiparamétrique CTD	Seabird Modèle SBE 19			
Paramètres	**Méthode**	**Limites de détection**	**Gamme**	**Précision SBE 19**	**Résolution SBE 19**
Profondeur **Salinité**	Pression (db) Mesure de la conductivité (S.m-1)	0,001%	0-350 db 0-9 S/m	0,35 0,0005	0,007 0,0007
Température en °C	Pont de Weston	0,01 °C	-5 à +35°C	0,005	0,0001
Turbidité NTU	Absorption lumineuse	0,1 FTU	0 -25		0,01
Fluorescence (µg.L-1 Chl)	Excitation lumineuse	0,1 mg/m3	0-50		0,025
Irradience	Atténuation lumineuse	Sans unité			

NB : la turbidité par mesure de la néphélométrie est exprimée en FTU (Formazin Turbidity Units) : 1FTU ~ 1 mg L-1 de matière particulaire sèche (capteur Sea Point) ;

La fluorescence in-vivo est exprimée en unités arbitraires et permettent, après calibration par croisement avec les analyses effectuées sur les échantillons collectés, de calculer les concentrations en pigments chlorophylliens (capteur Wet labs).

1.3.1.2. Qualité chimique de la colonne d'eau

- ***PH, MES et éléments majeurs***

Pour déterminer la qualité chimique de la colonne d'eau les paramètres suivants : pH, matières en suspension (MES), calcium, potassium, magnésium, sodium, chlore, et sulfates sont analysés et indiqués à 3 profondeurs différentes pour chacune des stations.

La mesure des matières en suspension (MES) est importante dans les milieux côtiers et estuariens car elle reflète l'importance des apports terrigènes et la remise en suspension de sédiments sous l'influence des conditions météorologiques (vent, pluie…). Les MES influencent également la production primaire (chlorophyllienne): une charge particulaire élevée peut en effet modifier l'épaisseur de la couche euphotique.

Les prélèvements sont réalisés à l'aide de bouteilles Niskin. Le flaconnage utilisé pour le stockage des prélèvements d'eau est en PEHD. Les échantillons sont conservés au froid (4 °C) jusqu'à leur analyse en laboratoire.

Le tableau suivant présente les méthodes et les limites de détections de chaque paramètre analysé pour déterminer la structure chimique de la colonne d'eau suivie.

Tableau 9 : Méthodes et limites de détection pour le suivi de la qualité de l'eau de mer

Paramètres	Analyses en laboratoire		Limites de détection
pH	pH mètre WTW		0,01
MES	Filtre Nucleopore de	0,45 µm de porosité	0,1 mg/L
Ca	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy, marque Varian, modèle 730 ES	(Varian-SpectrAA-300/400).	0,050µg/L
K			
Na			
Mg			
SO_4^{2}	Chromatographie ionique capillaire (Waters, CIA) ;		-
Cl	Méthode de Mohr		-

➢ ***Sels nutritifs***

Les paramètres suivants sont suivis sur chacune des 14 stations et aux 3 profondeurs (surface, médiane et de fond) :

- **L'ammonium (NH_4^+) :** dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium (NH_4^+). Naturellement, il provient des excrétions animales et de la dégradation bactérienne des composés organiques azotés. Dans les régions tropicales les teneurs sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de nano-moles.
- **Les nitrate et les nitrites (NO_3 et NO_2)** : l'ion nitrate NO_3 est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Les ions nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton qui, une fois dégradé par les bactéries, restitue au système l'azote sous forme minérale (NO_3). Si la vitesse de régénération est différente de la vitesse d'utilisation, il en résulte des concentrations en nitrates variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.
- **Les phosphates (PO_4^{2-}) :** dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions ortho-phosphates ($PO4^{2-}$). Leur concentration dépend de phénomènes physiques et biologiques ou chimiques. Les teneurs sont généralement très faibles en surface et augmentent avec la profondeur au-dessous de la zone euphotique. En milieu côtier, une augmentation des concentrations est un signe d'influence terrigène.
- **L'azote organique dissous NOD et le phosphore organique dissous POD :** la contribution naturelle de l'azote et du phosphore provient de la dégradation de matière de nature biogénique, qu'elle soit d'origine océanique ou terrestre. D'une manière générale, la concentration en composés dissous est très faible, particulièrement dans l'océan.
- **Azote, phosphore et carbone particulaires :** la distinction entre la matière dissoute et particulaire est arbitraire ; cependant, les études environnementales considèrent généralement que la limite de taille est de 0,45 µm pour les séparer (Strickland & Parsons, 1972). La fraction particulaire de ces éléments N, P et C constitue des matières en suspension de tailles diverses transportées au sein des masses d'eau. Leur origine est océanique, terrestre voire éolienne. Les concentrations présentent d'ordinaire un gradient côte-large et peuvent montrer des discontinuités verticales en fonction de l'existence ou non de couches turbides.
- **Chlorophylle et phéo-pigments :** la chlorophylle est indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage permet donc d'estimer la biomasse phyto-planctonique et de ce fait le niveau trophique (oligotrophie/ eutrophie) du milieu. Sa dégradation donne de nombreux composés, dont principalement les phéo-pigments.
- **Les silicates** : ils constituent l'essentiel des squelettes de divers organismes marins. Leur concentration dans l'eau de mer, sous forme de silicates ($SiO4^{4-}$), qui peut devenir insuffisante en raison de sa très faible solubilité, varie en fonction de l'origine et de la nature des eaux. Les concentrations en surface sont généralement très faibles, mais elles augmentent progressivement à mesure que l'on se rapproche des côtes (ou des fonds abyssaux).

Méthodologie et limites de détection

Pour les éléments suivants la méthode de prélèvement est celle des bouteilles NISKIN 5L en surface, à mi profondeur et au fond (sans toucher le fond).

Tableau 10: Méthodes et limites de détection pour le suivi des éléments nutritifs et autres paramètres suivis en milieu marin

Paramètres	Méthodes : adaptées spécifiquement au milieu oligotrophe marin	Normes et publications	Limite de détection
NH_4	Fluorimètre de terrain	Homes et Al 1999	1,5 nmol/L
NOD	Auto analyser Technicon		0,02 µmol/L
POD	Auto analyser Technicon	Raimbault et Al 1999	10 µmol/L
NO_2 + NO_3	Auto analyser Technicon	Outot 1988	0,02 µmol/L
PO_4	Auto analyser Technicon	Murphy et Riley 1962	0,01 µmol/L
SiO_4	Auto analyser Technicon	Fanning et Pilson 1973	0,05 µmol/L
POP	Auto analyser Technicon	Raimbault et Al 1999	10 µmol/L
CHN	Auto analyser Technicon		0,05 µg/L
Chlorophylle a	Fluorimètre		0,05 µg/L
MES	Filtration sur membrane spécifique		0,1 mg/L
pH	Electrode au Calomel		0,01 unité de pH

- ***Hydrocarbures totaux***

Des sous-échantillons sont collectés à partir des prélèvements en bouteilles General Oceanics, modèle Go-Flo (Coating interne en Teflon®).
Les eaux sont conditionnées dans des flacons en verre afin d'éviter tout contact prolongés avec des matières plastiques pouvant induire une contamination potentielle.

L'analyse des hydrocarbures totaux est effectuée d'après la norme NF T90-203 ou bien DINEN ISO 9377-2. La définition de l'indice en hydrocarbure dissous revient au dosage des hydrocarbures des chaînes carbonées comprises entre C10 et C40 par chromatographie gazeuse (GC/FID). Cette méthode permet de doser 0,1 mg/l d'hydrocarbures. Elle est cependant moins sensible que l'ancienne norme NF T90-114 utilisant la méthode au CCl4 aujourd'hui interdite en raison de la très haute toxicité du solvant organique.

Tableau 9 : Méthodes et limites de détection pour la détection d'hydrocarbures

Paramètres	Méthode	Normes et publications	Limite de détection
HT	Du laboratoire : Micropolluants Technologie S.A., Thionville, France	Norme NF T90-203 ou bien DINEN ISO 9377-2	0,1mg/L

- ***Métaux***

Les éléments métalliques suivants sont analysés : Nickel (Ni), cobalt (Co), manganèse (Mn), fer (Fe), chrome total/Cr (VI), arsenic (As), cadmium (Cd), cuivre (Cu), plomb (Pb), zinc (Zn).

La méthodologie de surveillance de la qualité de l'eau de mer a sélectionné ces métaux parce que la concentration des éléments métalliques naturellement contenus dans les roches latéritiques du Sud est distribuée selon un gradient côte-large très net, notamment pour: **Mn, Ni, Co et Cr**, ce gradient est un bon indicateur de l'influence terrigène. Tandis que Cu et Fe montrent un comportement inverse. Le cuivre suit cependant un comportement moins prévisible que le fer. Les concentrations en

Cd et Pb sont inférieures aux limites de détection compte tenu des très basses teneurs de ces métaux dans les roches latéritiques du Sud calédonien, cependant ils sont recherchés.

Les stations influencées par les masses d'eau océaniques se distinguent toujours clairement des stations côtières ou de la baie de Prony, avec une concentration d'influence marine particulièrement homogène.

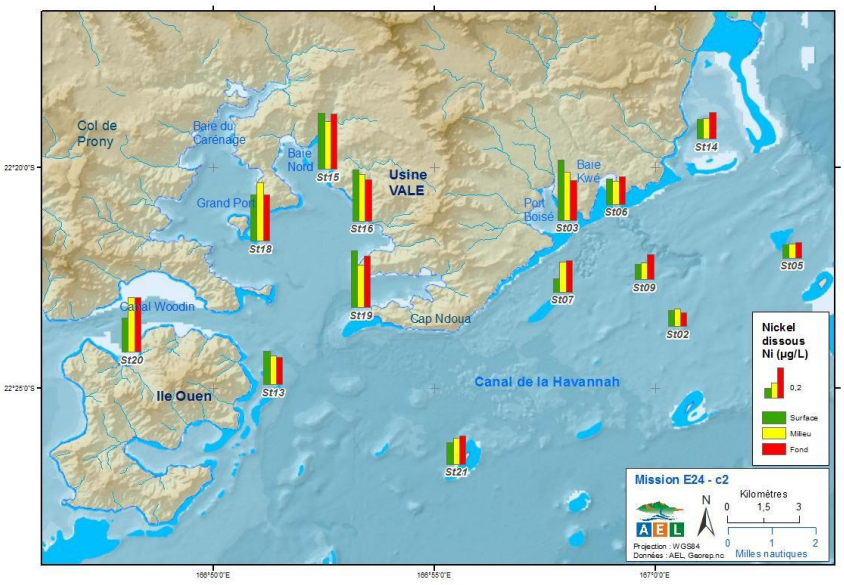
Tableau 11 : Méthodes et limites de détection pour le suivi des métaux en milieu marin

Analyses en laboratoire Paramètre	Méthode et normes -Publication	Limites de détection
Co	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,010 µg/L
Cd	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,040 µg/L
Cu	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,015 µg/L
Fe	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0 ,010 µg/L
Mn	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,010 µg/L
Ni	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES	0,010 µg/L
Pb	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,150 µg/L
Zn	Pré-concentration en labo de terrain puis élution en labo – ICP OES/ Moreton et Al (2009)	0,030 µg/L
Cr/crVI	AdSV : Metrohm Application Note V-82/ Achterberg et Van den Berg 1994	0,030 µg/L
As	AdSV : Metrohm Application Note V-82 Achterberg et Van den Berg 1994	0,005 µg/L

Les concentrations analysées sont infimes aussi il est très important d'éviter toute contamination, en manipulant les échantillons, en touchant la coque du bateau (*antifouling*) etc. Cette méthodologie validée par la direction de l'environnement de la Province Sud et l'IRD de Nouméa est très sensible et garantit une surveillance optimale du milieu marin.

Les résultats semestriels sont schématisés et synthétisés pour chaque métal selon l'exemple donné en figure suivante. Cette présentation doit être pérennisée car elle permet une lecture facile bien adaptée à la méthodologie du suivi. Elle permet des comparaisons spatiales
L'analyse temporelle de l'évolution des concentrations, pour chaque station, depuis l'état des lieux et avec les résultats des missions précédentes, est aussi présentée de façon claire et de lecture aisée.

Figure 10 : Concentration en Nickel dissous dans la colonne d'eau - Echantillonnage en sub-surface, à mi- profondeur et au fond, dans le canal de la Havannah et en baie de Prony



1.3.1.3. Fréquences des suivis physico-chimiques

Pour l'ensemble des stations et des suivis de la colonne d'eau de mer, la fréquence minimale règlementaire est semestrielle, sauf au port pour la station St16 où elle trimestrielle. Une campagne en saison sèche et une campagne en saison humide sont nécessaires, elles sont régulièrement effectuées en février/mars (fin de la saison chaude dite cyclonique) et en août (saison fraiche). En raison des fluctuations des saisons des pluies il est plus pertinent de parler de saison fraiche et de saison chaude.

Remarque :
La fréquence du suivi sur la station St15 Creek baie Bord a été augmentée par Vale NC; de suivi semestriel elle est passée à une fréquence de suivi trimestriel en 2011. Ainsi les suivis sur ST16 et ST15 (proches de l'usine et sous la pression de deux bassins versants d'influence du projet) sont effectués au minimum tous les trois mois.

1.3.1.4. Validation des résultats

- Les conditions météorologiques (qui ont précédé la mission d'échantillonnage) et l'état de la marée (au moment de la prise de l'échantillon) doivent être pris en compte. La structure des masses d'eau de mer et leur qualité chimique sont en étroite relation avec les flux entrant et sortant par la passe de la Havannah et les apports d'eau douce des creeks ; ces facteurs ont une influence variable en fonction de la position des stations suivies.

- Les modélisations de l'hydrodynamisme du canal de la Havannah (2006 /2009), de la baie du Prony (2011/2012) et du transport des fractions dissoutes et particulaires sont des outils importants. Une incohérence des résultats des suivis avec ces modèles serait analysée par les experts.

- La méthodologie complète d'échantillonnage et d'analyse, pour chaque paramètre échantillonné, est décrite dans chaque rapport de suivi. Un rappel des raisons du choix de chaque indicateur est aussi effectué. En cas de modification quelle qu'elle soit, le cas serait noté. Le travail de prélèvement et d'analyse sur des quantités infinitésimales demande une attention poussée à l'égard de contaminations fortuites.

- Les analyses : le laboratoire certifie que des échantillons certifiés pour le dosage des éléments traces (TM-26.3 et TMDA-61) délivrés par la société Environnement Canada sont intercalés dans

chaque série d'analyses pour valider la calibration. Les résultats de cette calibration sont donnés en annexe de chaque rapport.

- Les missions de suivi sont sous-traitées et consistent à :
  - prélever des échantillons et
  - analyser des échantillons.

  Ces missions sont confiées par Vale Nouvelle-Calédonie à un bureau d'études, un institut ou un laboratoire externalisé, celui-ci doit être techniquement équipé pour effectuer ce travail en toute sécurité, dans des délais compatibles avec les fréquences des suivis et avec des limites de détection assez faibles pour permettre une validation statistique et une comparaison des résultats. *(Sans valeurs données comme en dessous de la limites de détection répétitives).*

- Les rapports semestriels ou annuels présentent les données brutes en annexe, leur rédaction est également confiée au bureau d'étude indépendant qui a assuré la mission. Il est important que le rédacteur ait bien participé à la mission, lui-même.

- La synthèse des données obtenues comprend une analyse comparative des résultats avec l'état initial et avec les résultats des campagnes précédentes, elle est effectuée par les experts qui effectuent la mission.

Cette analyse est à la fois
- spatiale (comparaison des stations entre elles) et
- temporelle (comparaison avec l'état initial et avec tous les suivis antérieurs).

Toute tendance qui pourrait évoluer vers un changement du milieu supérieur aux variations saisonnières (ou aux incertitudes méthodologiques) est notée dans le rapport semestriel concerné, pour un suivi attentif de ce paramètre lors des missions suivantes. En cas de confirmation d'une modification significative la conclusion du rapport indiquerait bien ce fait.

- Les commentaires des experts et leurs recommandations sont inclus au rapport intégral.

- Les rapports intégraux tels que délivrés par le sous- traitant (externalisé) sont fournis en annexe de ce document, avec les données brutes.

1.3.2. Paramètres biologiques indicateurs de l'état des peuplements récifaux et des populations associées

1.3.2.1. Méthodologie

Ils sont suivis selon les prescriptions établies par la DENV (Direction de l'Environnement) de la Province Sud, suite à l'atelier de mars 2006 (qui réunissait les experts en la matière en Nouvelle-Calédonie) et validées dans la Convention pour la Conservation de la Biodiversité établie en 2008. (Cf. tableaux suivants). Vale NC s'y conforme exactement.

- **Le substrat** selon la méthode des *transects* fixes (3 *transects* de 20 m de longueur sur 3 profondeurs différentes par station). Méthode classique dite : « LIT ». La liste imposée des catégories de substrats donne 28 catégories distinctes. Celles-ci sont répétées dans chaque rapport de suivi et en annexe du présent document.
- **Le macro et épi-benthos** selon des couloirs de 5 m de large et 20 m de long qui suivent les *transects*, les taxons cibles sont listés.

  *Remarque **:** Selon cette méthodologie les 3 transects à 3 profondeurs différentes présentent des faciès différents et ne peuvent pas être statistiquement des réplicas l'un de l'autre.*
- **Les poissons** selon la méthode des TLV (*transect* à largeur variable), les taxons cibles sont donnés par une liste restreinte fournie par la DENV afin de calculer la densité et la biomasse. Le poids des individus est estimé d'après leur taille en utilisant des relations d'allométrie taille-poids – W = aLb – (Kulbicki et al. 1993). La liste restreinte indique une centaine de taxons identifiés au niveau du genre ou de l'espèce (elle est répétée dans chaque rapport de suivi et en annexe du document).

Tableau 12: Méthodologie pour le suivi des écosystèmes marins (convention CCB 2009)

Paramètres et variables	**Substrat** (Habitats)	
	Epi benthos : macro invertébrés	
	Poissons : Espèces cibles	
Prélèvements	Pas de prélèvement. Observations et photographies + vidéo	
Méthode	**Définie lors de l'atelier du 03 mars 2006 DRN Noumea**	
Normes et Publications	Line Intercept Transect LIT de English et Al (1994-1997) et transects à largeur variable (Kulbicki et Al 1994 ; 1995 et Kulbicki Sarramégna 1999)	
Analyses		
Paramètre	**Méthode**	**Limites de détection**
	LIT fixe	LIT fixe sous largeur du ruban
	LIT fixe sur couloir	100m^2
	Comptage sur *transect* à largeur variable	Vision du plongeur et visibilité de l'eau

Tableau 13: Composition du substrat

COMPOSANTES : 12 catégories et 28 codes descriptions				
Coraux (corail dur, 11 items codifiés)	**Autres coraux(2)**	**Autres org. Vivants (3)**	**Algues (6)**	**Substrat Abiotique (6)**
Scléractiniaires Acropora Branchu **ACB** Au moins 2 niveaux de branches Acropora Encroûtant **ACE** Acropora Submassif **ACS** Acropora Digité **ACD** Branches en forme de doigts Acropora Tabulaire **ACT** Branches aplaties horizontalement Non-Acropora Branchu **CB** Au moins 2 niveaux de branches NB : les non acropora digité ont été placés ici Non-Acropora Encroûtant **CE** Non-Acropora Foliaire **CF** Corail en forme de feuille Non-Acropora Massif **CM** Non-Acropora Submassif **CS** Fungia **CMR** Corail solitaire	Millepora **CME** ou Corail de feu Corail mou **SC**	Éponges **SP** Zoanthaires **ZO** Autres **OT** dont Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénitiers	Assemblages **AA** Calcaire **CA** Halimeda **HA** Macroalgue **MA** Filamenteuse **F** NB : les cyanobactéries ont été placées ici en **F** Corail mort avec algues **DCA (**Corail mort recouvert d'algues)	Corail mort **DC** de Couleur blanche Sable **S** avec Particules < 2 cm Débris **R** avec Particules > 2 cm Vase **SI** Eau **W** si Crevasse de plus de 50 cm Roche Dalle - Roche **RC**

- ***L'épi-macro benthos***

Evaluation sur un couloir de 2,5 m de chaque côté du *transect* (i.e. 100 m2) :

Présence absence d'algues et phanérogames à l'échelle du genre.

Densité en bénitiers, Troquas, et certains échinodermes (au niveau de l'espèce pour les étoiles de mer, les oursins et les holothuries, et présence/absence pour les crinoïdes) et en cliones.

- ***L'ichtyo faune***

Le plan de suivi impose une liste restreinte de poissons cibles: celle-ci est présentée en annexe 1 de ce document et dans chaque rapport de suivi.

Cependant afin d'alimenter une base de donnée Vale Nouvelle-Calédonie demande la liste exhaustive des poissons observées, elle est fournie en annexe de chaque rapport semestriel.

Recommandations méthodologiques

Vale Nouvelle-Calédonie demande que l'entretien des stations n'interfère pas avec les observations des espèces mobiles (poissons) et qu'il **ne soit pas effectué plus de deux stations complètes par journée d'évaluation, l'expérience montrant qu'une plus grande rapidité d'expertise nuirait à la qualité des évaluations.**

Le journal de plongée et les briefings journaliers avec les biologistes plongeurs permettent de valider cette exigence de rigueur méthodologique.

La forte courantologie de la zone du canal interfère avec les évaluations et il est demandé de « viser » le moment de l'étal de marée en période de mortes eaux. La courte période de l'étal ne permet pas d'effectuer convenablement plus de deux missions par jour dans le canal de la Havannah ni de travailler en périodes de vives eaux.

Afin de minimiser les bais :

- Vale NC demande que le plongeur évaluateur soit la même personne qui, par la suite, rédige le rapport et analyse les évolutions spatiales et temporelles de façon statistique ;
- Que le délai entre la mission de plongée et la remise du rapport qui analyse des données soit le plus bref possible (< 3 mois) ;
- Que les évaluateurs varient le moins possible d'une mission à une autre, leur nom et leur qualification (degré d'expertise) doit figurer dans le rapport.

***Vale Nouvelle-Calédonie complète ce suivi réglementaire (à son initiative) par** :*

La surveillance d'éventuelles espèces exogènes ; un plan de veille à l'égard des espèces exotiques envahissantes est en fonction sur le site Vale Nouvelle-Calédonie, cette veille concerne aussi le milieu marin. Cependant, pour le milieu marin, les autorités compétentes en la matière en Nouvelle-Calédonie n'ont pas établi de méthodologie ni d'état des lieux, Vale NC fait confiance dans les connaissances des experts pour signaler toute découverte qui engendrerait un doute. Une liste de taxons potentiellement à craindre est établie et ceux-ci sont pris en compte lors des missions de suivis.

Le suivi des Cyanobactéries et de l'évolution saisonnière et pluriannuelle de leur couverture. Cet indicateur est couplé à la surveillance du risque ciguatérique qui est un indicateur pris en compte par Vale Nouvelle-Calédonie.

Le suivi des algues macroscopiques et de l'évolution saisonnière de leur couverture. En 2012 une synthèse de l'évolution qui a eu lieu depuis 2007 a été effectuée.

Le suivi du corail et de son blanchissement ; notamment après les fortes dépressions tropicales et à l'embouchure du creek de la Baie Nord ou des stations « témoins ». La corrélation avec la température et la salinité de l'eau de mer est effectuée grâce au suivi de la structure de la colonne d'eau de mer (décrite au chapitre précédent).

Le suivi des étoiles de mer ravageuses du corail

Le suivi avec iconographie associée de certaines colonies coralliennes géo-référencées et l'évaluation de leur croissance, mission après mission ;

La pérennisation de la liste exhaustive des poissons observés à chaque mission;

Les biodiversités alpha, béta et gamma pour les stations et pour la zone sur liste exhaustive des poissons ;

Le tableau des conditions de plongée pour chaque station suivie (conditions météorologiques avec la pluviométrie, la visibilité sous l'eau et le moment de la marée). La visibilité, la marée, les évènements climatiques précédents, sont des éléments influant notamment sur l'ichtyo faune, tout comme la saison chaude ou fraiche (suivis semestriels à cet égard) et les marées de vives eaux ou mortes eaux.

Le schéma géo-référencé de chaque station avec ses *transects* et taxons fixes remarquables ;

Une vidéo de chaque *transect* effectuée à des fins de stockage d'information et de vérification.

La méthodologie complète est rappelée dans chaque rapport de suivi. Elle est susceptible d'évoluer selon l'expérience acquise et les recommandations des experts en la matière, en accord avec les prescriptions de la Convention pour la Conservation de la Biodiversité CCB entre La Province sud et Vale Nouvelle-Calédonie, si validation par les autorités administratives compétentes.

1.3.2.2. Fréquence minimale des missions de suivis des écosystèmes

Semestrielle, en saison chaude et en saison fraiche, plus souvent si nécessaire notamment suite à un cyclone.

1.3.2.3. Validation des résultats

Il est important de prendre en compte :

- Les conditions météorologiques qui ont précédé la mission d'échantillonnage ainsi que les conditions de la plongée (la visibilité par exemple).
- Les rapports semestriels ou annuels présentent les données brutes en annexe, leur rédaction est confiée au bureau d'étude qui a assuré la mission, il est important que le rédacteur ait bien participé à la mission en tant qu'expert, cela évite des biais interprétatifs notamment pour cette méthodologie semi quantitative, cette recommandation a été formulée par les experts Peary et Salvat en 2009.
- Un changement de personne au niveau des experts qui effectuent les comptages (poissons/corail/substrat) doit être inscrit dans le rapport et doit être pris en compte. La littérature et l'expérience indiquent un % de variations dû aux échantillonneurs dans ce cas de

suivi semi qualitatif qui laisse une part interprétative à l'expert, bien que cette part soit réduite par la méthodologie il faut tenir compte de ce biais. La pérennisation des évaluateurs, au fil des missions, est donc à rechercher.

- La synthèse des données obtenues comporte :
  - une analyse comparative spatiale (comparaison des stations entre elles) et
  - une analyse temporelle (comparaison avec l'état initial et avec tous les suivis antérieurs). Elle est réalisée par les experts qui effectuent la mission.

- **Toute tendance qui pourrait déceler un changement du milieu supérieur aux variations saisonnières (ou aux incertitudes méthodologiques) est notée dans le rapport semestriel concerné. Un suivi attentif (ciblé sur le paramètre en question) lors des missions suivantes est réalisé. Une mission supplémentaire ciblée sur ce paramètre peut être effectuée. En cas de confirmation d'une modification significative la conclusion du rapport indiquerait bien ce fait.**
- Les commentaires des experts et leurs recommandations sont inclus au rapport intégral.
- **Les rapports intégraux tels que délivrés par le sous-traitant (externalisé) sont fournis en annexe de ce document, avec les données brutes.**

Remarque :

- En 2011, une mission a été effectuée sur des stations placées exactement sur l'émissaire et sur le diffuseur ainsi que sur le récif corallien le plus proche du diffuseur. Ainsi l'évolution du peuplement biotique qui s'installe sur et à proximité de l'émissaire peut être évaluée, deux ans après la première mission qui avait eu lieu sur les mêmes stations, (en 2009).

- A la suite des dépressions cycloniques Vania (janvier 2011) et Zelia engendrant de très forts événements pluvieux du début de l'année 2011, un suivi du blanchissement corallien à l'embouchure des creeks de la baie de Prony a été effectué, en corrélation avec les études 2009 et 2010.

- **En 2013 deux nouveaux épisodes météorologiques exceptionnels ont eu lieu et ont causé des effets sur le milieu marin engendrant une mortalité côtière d'Invertébrés et de poissons.**

  ► Les 2 et 3 janvier la dépression cyclonique Freda
  ► Les 2 et 3 juillet un épisode pluvieux exceptionnel (>à Freda en intensité)

1.3.3. Bioaccumulation des métaux et solvants dans des espèces bio-indicatrices placées en cages sous-marines

La méthodologie retenue est la transplantation d'espèces bio-indicatrices sur des stations artificielles immergées sur un ensemble de huit points localisés dans la zone d'influence potentielle des rejets miniers.

Cette méthode a été développée et validée avec des espèces rencontrées localement lors des précédents travaux de recherche menés en collaboration par l'unité de recherche UR 103 « CAMELIA », du Centre IRD de Nouméa, le Laboratoire de biologie et environnement marin de l'Université de La Rochelle, ainsi que le Laboratoire environnement marin (Monaco) de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA).
Ces études menées sur 3 années, dédiées à l'écotoxicité éventuelle de l'effluent marin, ont fait l'objet d'une convention entre l'IRD et Vale Nouvelle-Calédonie. (Convention 1124 : IRD/ Vale Nouvelle-Calédonie. Volet éco-toxicologie : L. BREAU, J. SENIA, A. PANGRANI, K. GARCIA, J.P. DEBENAYUR-103 CAMELIA, IRD Nouméa UR-055 Paléotropique, IRD Nouméa Nouvelle-Calédonie).
Cette méthode est également reconnue au niveau international et fait l'objet d'une norme éditée par *l'American Society for Testing and Material* (E2122-02 ASTM, 2002), à laquelle le projet présenté est conforme.

Elle fait l'objet d'un travail dans le cadre des études sur les indicateurs d'impacts et de pression ADIIP menées par le CNRT.

La méthode de transplantation des espèces dans des stations artificielles (cages) présente des avantages importants pour le suivi environnemental, car elle permet à l'expérimentateur de contrôler un certain nombre de facteurs qui influent fortement sur la variabilité des concentrations des contaminants bio-accumulés, les espèces sont locales et elles peuvent être implantées sans fuir, ou du moins sans se déplacer en champ proche d'une pollution suspectée.

Un total de 300 à 350 bivalves et d'environ 250 algues est récolté. Le bivalve *Isognomon* et la macro-algue brune *Lobophora variegata* précédemment identifiés sont des espèces bio-indicatrices de contamination métallique. Les études se poursuivent afin d'identifier d'autres espèces bio accumulatrices utilisables par cette méthode.

Les métaux analysés dans les tissus des bio accumulateurs sont les suivants : As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn. Sont aussi suivies les variables biologiques : croissance et condition physiologique, chez les bivalves transplantés susceptibles d'être altérées par une éventuelle contamination.

Chaque année, les résultats sont comparés avec les résultats des années précédentes ainsi qu'avec les résultats de la caractérisation des bio-indicateurs avant tout rejet.

Tableau 14 : Méthodologie pour le suivi des espèces bio-indicatrices transplantées en cages

Description	Identification et quantification de polluants bio-disponibles dans des espèces bio-indicatrices transplantées
Normes et Publications	Norme ASTM E 2122(2002) + RINBIO IFREMER
Prélèvements	
Méthode	Récolte en zone de référence (non contaminée), mesure et sélection des spécimens puis transplantation sur les stations
Norme	Norme ASTM E 2122(2002)
Nombre de Stations	8
Fréquence	1 campagne de 3 mois chaque année
Echantillonnage	
Algues **Bivalves**	*Isognomon Isognomon* ou *Gafrarium tumidum* *Lobophora variegata*
Prélèvements pour analyses	Chair ou algues entières
Pré traitements	3 mois immersion et récupération des cages
	Mesures biométriques
	Préparation des échantillons
	Minéralisation des tissus
Analyse et limites de détection	Analyse chimique (ICP-OES) des métaux accumulés Méthodologie Breau 2003/ Limite de détection : 0,01 à 1 µg/g de poids sec pour l'ensemble des métaux Sauf pour le zinc : 1 à 8 µg/g de poids sec.

La méthodologie est détaillée en introduction de chaque rapport.

- ***Fréquence*** : L'analyse des tissus est annuelle après 3 mois de croissance des bio-indicateurs en cage.

- ***Remarque*** **:** Afin que les algues puissent effectuer leur photosynthèse et en fonction de la turbidité de l'eau, les cages ne peuvent pas être maintenues à une profondeur supérieure à 12 ou 13 mètres, et en corrélation avec la cage de référence (témoins). Le fort ressac de surface et le trafic maritime peuvent faire perdre des cages, certaines ont dû être récupérées au fond, d'autres ont été perdues. L'optimisation de la position des cages (qui doivent rester immergées 3 mois) et de leur profondeur est en cours.

• Les commentaires des experts et leurs recommandations sont inclus au rapport intégral.

• Les rapports intégraux tels que délivrés par le sous-traitant (externalisé) sont fournis en annexe de ce document, avec les données brutes.

1.3.4. Les sédiments : Qualité des sédiments, métaux dissous, éléments majeurs et hydrocarbures

Les paramètres suivis pour la surveillance les sédiments marins sont les suivants :

- **La granulométrie** des sédiments, par granulométrie laser ;
- **Leur composition minéralogique,** par diffraction de rayons X (DRX),
- **Les concentrations des métaux** associés aux différentes phases géochimiques composant les sédiments, par extraction séquentielle puis analyse à l'ICP-OES. Les métaux suivants ont été analysés par ICP-OES: **As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn.**

La collecte des sédiments de surface est effectuée par benne Van-Venne en acier inoxydable de nuance 316 L. Pour chaque échantillon, la couche centimétrique de surface est prélevée et conditionnée dans des sachets en vinyle à usage unique (Whirl-Pack) référencés. Les sédiments ainsi conditionnés sont conservés à 4°C, puis de retour au laboratoire ils sont congelés et lyophilisés.

Une séparation granulométrique des sédiments est effectuée par voie humide (Eau Milli-Q 18.6 µS.cm-1) afin de récupérer la fraction sédimentaire chimiquement la plus réactive (**pélites = particules < 40 µm**). Les tamisages ont été conduits sur les aliquotes sédimentaires comprises entre 10 et 100 g selon nécessité et les fractions récoltées sont séchées à l'étuve (40°C) puis conditionnées pour leur conservation jusqu'à l'analyse des métaux.

Tableau 15: Méthodologie pour le suivi des sédiments

Description	Distribution des métaux dans les sédiments disponibles : granulométrie, minéralogie et concentration en métaux		
Normes et publication	Tessier et Al 1979		
Prélèvements			
Méthode	Benne à sédiments ou carottier		
Nombre de stations	14		
Fréquence	Tous les 3 ans sauf au port où le suivi est annuel		
Analyses	**Méthode**	**Normes**	**Limites de détection**
Granulométrie	Diffraction laser		0,01µm
Minéralogie	Diffraction aux rayons x		
Extraction séquentielle des phases organiques	Dissolution fractionnée et dosage ICP-OES	Tessier et Al 1979	Entre 0,005 et 0,02µg/L selon le métal
Métaux	Attaque totale et dosage par ICP-OES		Entre 0,005 et 0,02µg/L selon le métal

La méthodologie est décrite en introduction de chaque rapport de suivi. Ce suivi est externalisé par Vale Nouvelle-Calédonie. Le calibrage et la validation des analyses sont assurés par le laboratoire traitant.

- ***La fréquence*** de suivi de la qualité des sédiments est triennale, sauf au port (ST16) où elle est annuelle. Le suivi ayant été effectué en 2009 (Cf. rapport annuel de suivi – année 2009), il ne sera pas effectué en 2010, ni en 2011, sur toutes les stations, il a été effectué en 2012 et ce rapport en présente les résultats.

1.3.5. Les sédiments : Taux d'accumulation des sédiments

La topologie des fonds marins de la baie du Prony et de la zone Nord du canal de la Havannah a été étudiée lors de la convention d'étude de 3 ans passée entre Vale Nouvelle-Calédonie et l'IRD de Noumea.
La méthodologie et la grille de lecture proviennent de l'unité de recherche Camelia de l'IRD de Noumea.
Le taux d'accumulation des sédiments s'exprime en $g.cm^{-2}$/an.
Le calcul nécessite d'extraire une carotte sédimentaire de quelques dizaines de cm de longueur (> 20 cm), cette carotte découpée en tranche centimétrique doit être conservée à 4°C. Les analyses sont effectuées au laboratoire sur chaque tranche sédimentaire. Chaque horizon sédimentaire fait l'objet d'une détermination de la radio activité du ^{210}Pb ainsi que des paramètres géochimiques indiqués ci-dessous.

Tableau 16: Méthodologie pour le suivi des sédiments : taux d'accumulation

Description	Rapidité du taux de sédimentation		
Normes et publication	Godberg ED 1963, Geochronologie with Pb-210 in radioactive dating. Internat atom Energy Agency 121-131		
Prélèvements	Carottier piston		
Analyses	**Méthode**	**Normes**	**Limites de détection**
Datation	Spectométrie Gamma basse énergie 46, 54 KeV (pour Pb^{210})	Faure 1986	0,003 Bq/g
Densité	Teneur en eau		0,01 mg/L
Granulométrie et minéralogie	Diffractomètre laser et Diffraction rayons x		0,1µm Traces
Métaux : Geo-chimie : As, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn	Attaque totale ICP-OES		Entre 0,001 et 0,02µg/L selon les éléments

La méthodologie est décrite dans chaque rapport de suivi.

- ***La fréquence est triennale***, une fréquence plus rapprochée ne permettrait pas de déceler une évolution temporelle.
  Le suivi a été effectué en 2010 sur 4 stations (Cf. rapport annuel 2010). Etant donné sa fréquence triennale il sera effectué à nouveau en 2013.

1.3.6. Les sédiments : Flux sédimentaires

Les objectifs poursuivis dans chacune des deux zones d'études, c'est-à-dire la Baie Kwé et le Canal de la Havannah, sont respectivement :

- le suivi temporel des apports terrigènes générés par l'activité minière en sortie de la Baie Kwé, dans un secteur de relative profondeur (h>15m). En effet, il est nécessaire de s'affranchir des phénomènes mécaniques comme le charriage des grosses particules sur le fond, il n'est donc pris en compte que les fractions fines en suspension potentiellement transportables par les courants sur de longues distances, comme le suggère la modélisation (Convention IRD/Goro-Ni n° n°1124, Volet « Simulation hydrodynamique »);
- le suivi temporel des apports industriels issus du procédé chimique au voisinage immédiat du diffuseur. Ce suivi avait pour objet de répondre aux questions de la double rémanence supposée :
  - d'une part, du gypse formé après l'étape de neutralisation des solutions acides d'extraction du Ni par le calcaire ;
  - d'autre part, des précipités de CaCO3 et d'hydroxydes de Mn supposés être générés lors de l'entrée en contact de l'effluent avec l'eau de mer, phénomène qui pourrait entraîner une fraction non négligeable des métaux (dont Mn). Les expériences de laboratoire et la modélisation associée (Convention IRD/Goro-Ni, n° 1124 ; Volet «

Réactivité chimique de l'effluent ») montrent que seule une formation négligeable de précipités de calcite devrait se produire.

1.3.6.1. Les flux de particules apportées par le réseau hydrologique de la Baie Kwé

Ils sont estimés par collecte de séries temporelles d'échantillons de MES. Cette opération est assurée par le déploiement de pièges à sédiments séquentiels (Technicap, type PPS4/3) gréés sur une ligne de mouillage équipée d'un largueur acoustique. La durée d'immersion est de 1,5 mois environ. Les MES sont caractérisées de manière à évaluer les fractions terrigènes et marines (carbonates). Les flux sont estimés en fonction des régimes météorologiques et/ou hydrodynamiques.
Dans les zones à faible profondeur il est important d'installer les pièges à une profondeur supérieure à 15m.
Les pièges séquentiels comportent des avantages par rapports aux simples tubes à sédiments qui sont moins performants.

Dosage des carbonates : la teneur en carbonate est déterminée par la méthode dite du « calcimètre de Bernard ». Cette méthode consiste en une attaque du sédiment grâce à une solution d'acide chlorhydrique qui génère la formation de CO2. Le volume de gaz est titré et la concentration en carbonate de calcium est déterminée par relation stœchiométrique.

Granulométrie : l'étude de la distribution des populations de particules fines (silts et argiles) est conduite sur la fraction <40 µm après élimination des organismes « actifs » (Swimmers). La distribution des populations est réalisée par granulométrie laser après remise en suspension des sédiments, ajout d'agent dispersant (Pyrophosphates de Na/K) et agitation aux ultrasons.

Minéralogie : les sources et l'évolution temporelle des matériaux sont estimées en fonction des espèces minérales décelées. La détermination des espèces est effectuée par diffraction de rayons X (DRX) sur les échantillons de l'étude granulométrique.

La densité du flux vertical de particules est exprimée en $g.m^{-2}$/jour.

1.3.6.2. Evaluation des flux de particules transportées par l'effluent

Les flux verticaux de matière particulaire (gypse, calcite, oxy-hydroxydes + MES) apportée par l'effluent industriel seront estimés par collecte de séries temporelles. Cette opération est assurée par le déploiement de deux pièges à sédiment séquentiels (Technicap, type PPS4/3) mouillés de part et d'autre du diffuseur. Les pièges sont individuellement gréés sur des lignes de mouillage équipées d'un largueur acoustique. La durée d'immersion est de 1,5 mois. Le mouillage des pièges s'effectue aux stations St60SW et St60NE qui font notamment l'objet d'une surveillance de la physico-chimie de la colonne d'eau.

Dosage des carbonates : la teneur en carbonate est déterminée par la méthode dite du « calcimètre de Bernard ».

Granulométrie : l'étude de la distribution des populations de particules fines (silts et argiles) est conduite sur la fraction <40 µm après élimination des organismes « actifs » (Swimmers). La distribution des populations est réalisée par granulométrie laser après remise en suspension des sédiments, ajout d'agent dispersant (pyrophosphates de Na/K) et agitation aux ultrasons.

Minéralogie : les sources et l'évolution temporelle des matériaux sont estimées en fonction des espèces minérales décelées. La détermination des espèces est effectuée par diffraction de rayons X (DRX) sur seulement 4 échantillons.

Dosage des métaux : le dosage des métaux, nécessaire pour le suivi, est conduit par attaque totale des fractions pélitiques des sédiments, soit aux acides forts, soit par fusion alcaline. Seuls Ca et 5 métaux (Co, Cr, Fe, Mn et Ni) sont analysés par ICP-OES.

Dosage du soufre : le dosage de S est conduit par attaque totale des fractions pélitiques des sédiments, soit aux acides forts, soit par fusion alcaline. L'analyse est effectuée par ICP-OES.

Dosage des HCT : la capacité de concentration des particules peut permettre le dosage des hydrocarbures totaux indétectables actuellement à l'état dissous dans la colonne d'eau. L'analyse des hydrocarbures totaux est effectuée par NF EN ISO 9377-2. Le dosage sera conduit sur seulement 3 ou 4 échantillons en concertation avec Vale-Nouvelle-Calédonie.

- ***Fréquence* : semestrielle.** Les pièges à sédiments doivent être immergés 1 à 2 mois, et deux fois par an.

2. BILAN DES DONNEES DISPONIBLES EN AOUT 2013

Le présent rapport concerne les suivis semestriels effectués pendant les campagnes du premier semestre 2013, il s'agit des missions de surveillance suivantes :

- ✓ Suivi N°1 / 2013 sur la structure de la colonne d'eau et le qualité physico-chimique de l'eau –Mission du 26 au 28 mars 2013,
- ✓ Suivi N°1 / 2013 des écosystèmes coralliens et des populations associées – Mission de Mars – Avril 2013.
- ✓ Suivi des flux sédimentaires avec synthèse 2011/ 2012/premier semestre 2013

Les autres campagnes de suivis sont déployées sur toute l'année et leurs rapports seront donc présentés dans le rapport de suivi annuel, fin 2013:

- ✓ La transplantation d'espèces bio accumulatrice *(le caging)* : mission de juin / juillet / aout 2013. - Le rapport sera finalisé en décembre 2013 ;
- ✓ Le suivi triennal du taux de sédimentation 2013 ;
- ✓ Le suivi des flux sédimentaires (second semestre 2013 et évolution depuis 2010 notamment en baie Kué);
- ✓ Le suivi trimestriel du Port de Prony : qualité de l'eau et des sédiments 2013.

Avec :

- ✓ Le suivi N°2/ 2013 sur la structure de la colonne d'eau et la qualité physico-chimique de l'eau ;
- ✓ Le suivi N°2// 2013 des écosystèmes coralliens et des populations associées.

Il n'y a pas eu de retard ou de dysfonctionnement dans l'acquisition des données au cours du premier semestre 2013 ; les missions d'évaluation et les échantillonnages ont tous été effectués en temps et de façon complète.

Le calendrier des missions de suivi 2013 est rappelé ci-dessous.

Pour ces missions 2013 : 5 bureaux d'études différents participent, leur renouvellement s'effectue pas appel d'offre.

2.1. Synthèse des suivis du milieu marin effectués en 2013

Le tableau suivant présente l'ensemble des suivis réglementaires, les dates auxquelles lesquelles les missions de terrain ont été effectuées et les rapports communiqués

	Préparation de la mission
	Mission en cours ou effectuée durant ce mois
	Analyses des résultats et rapport rendus
	Rapport annuel attendu en fin d'année

Tableau 17 : Synthèse des suivis règlementaires effectués en 2013 avec rapports émis au premier semestre (cases bleues)

Suivis règlementaires 2013	Indicateurs	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	S	O	N	D	Jan 2013
Structure de la colonne d'eau 14 stations	Physique Chimique							S1	2					S 2
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	Chimique							S1	2					S 2
Suivi des écosystèmes 12 stations	Biologique Corail Benthos Poissons							S1						S 2
Bio accumulation Sur transplants 8 stations	Bio accumulateur						3 mois d'implantation							A
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Suivi triennal qui a bien lieu en 2013, dernier suivi en 2010. Rapport en fin d'année 2013												A
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	Suivi triennal qui n'a pas lieu en 2013, dernier suivi en 2012, prochain suivi en 2015												
Suivi des flux sédimentaires	Physique							S1						A
Suivi spécial zone Portuaire	Physique Chimique Sédiments							S1						A

Le tableau suivant présente les études de surveillance du milieu marin supplémentaires qui sont effectuées en 2012, les rapports de synthèse ne sont pas prioritaires par rapport aux suivis réglementaires.

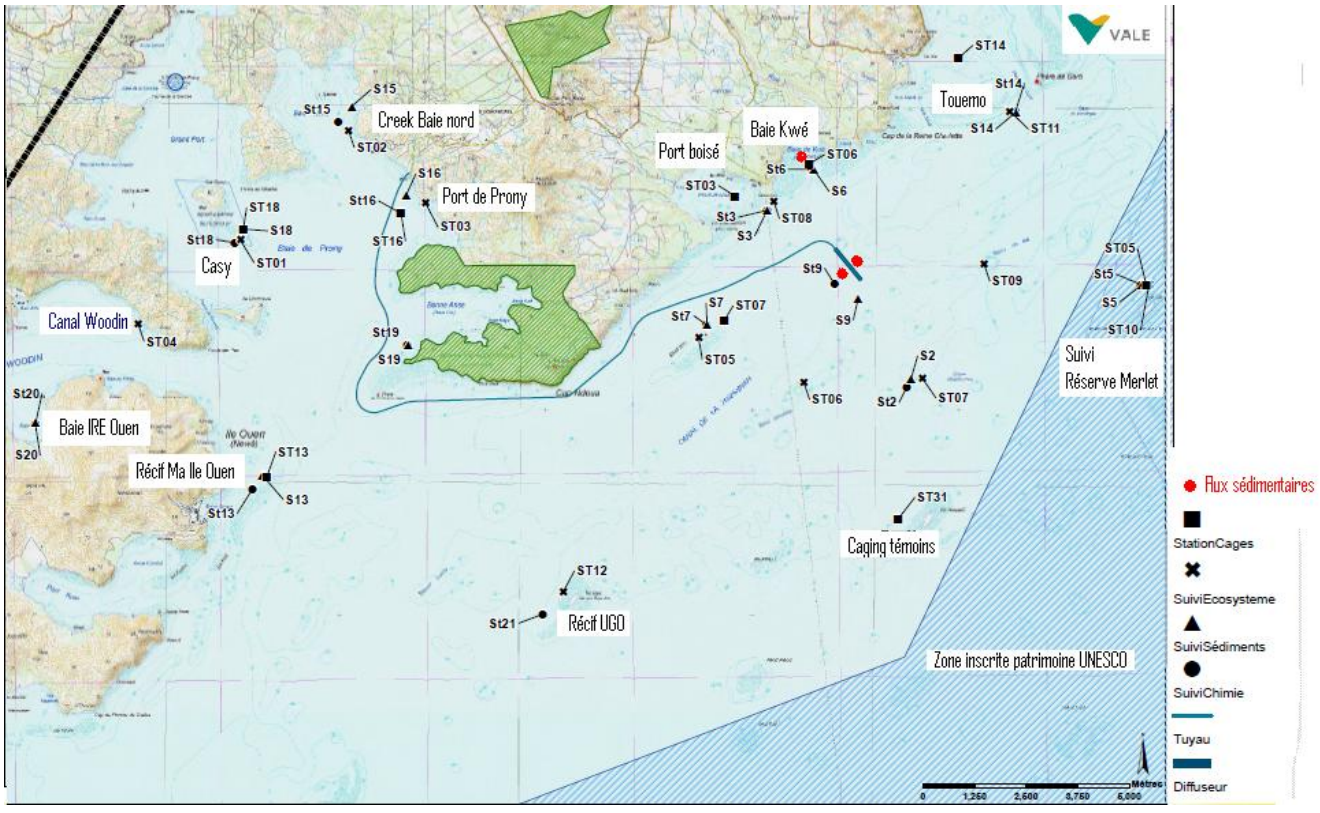
Tableau 17 : Synthèse des suivis supplémentaires effectués en 2012

Suivis sur Initiative Vale NC 2011	Indicateurs	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Ju	Ju	Aou	S	O	N	D	Jan 2013
Surveillance phyto sanitaire des espèces consommées Poissons	Chimiques Concentrions des métaux dans les chairs	2012												
et coquillages	Chimiques et biologiques													A
Investigations suite au passage de la dépression cyclonique Freda le 2 janvier 2013														
Investigations suite au x fortes pluies du 2/3 juil.														A
Synthèse de l'évolution de la couverture algale	Biologiques Veille aux EEE	2007/2012												

2.2. Zone d'influence et de suivis (pour rappel)

La figure suivante est un rappel du déploiement des points de surveillance et du numérotage des stations.

Figure 11: Rappel des stations de suivi du milieu marin 2011 (rappel)



3. RESULTATS (PREMIER SEMESTRE 2013)

3.1. Valeurs réglementaires et états de références

Pour le suivi du milieu marin il n'y a pas de dépassement de seuils réglementaires proprement dit, il ne s'agit pas d'émissions sujettes à des seuils mais de la santé des écosystèmes (milieux récepteurs) et de la qualité du milieu par rapport à l'état de référence..

- **Ce sont les états initiaux (de référence) observés** avant le développement du projet Vale Nouvelle-Calédonie qui servent de référence. Les états de référence sont présentés dans les dossiers ICPE (Caractérisation des milieux, VOLUME III, SECTION A, Caractérisation de l'environnement, Chapitre 5 : Océanographie physique, Chapitre 7 : Milieu écologique marin.)

- **Le guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie**, élaboré par les membres des programmes ZONECO, le CNRT et de nombreux contributeurs, en 2011, présente des grilles de lecture ainsi que des références bibliographiques pour chaque type d'indicateurs, il peut servir de guide, avec toutes les recommandations interprétatives et les précautions qu'il préconise.

- **Les bases de données issues des missions de suivis antérieures** permettent une recherche des tendances évolutives. Ce sont ces tendances qui sont analysées par les prestataires qui assurent les suivis. Les prestataires externalisés qui effectuent les suivis ont en leur possession les bases de données des années précédentes pour pouvoir effectuer ces analyses comparatives et il est à leur charge de les utiliser et formater pour en tirer une analyse d'évolution temporelle.

Il est essentiel de raisonner en termes d'évolution et il est impossible de comparer des résultats ponctuels avec une grille de lecture immuable et universelle ou calédonienne. Comme le souligne le guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie :
Il est impossible de donner une grille de lecture fiable de valeurs seuils, c'est la variabilité temporelle (saisonnière et inter annuelle) ou bien spatiale des valeurs qui permettra de se prononcer sur la signification des données. Pour mettre en évidence un changement significatif, cette variabilité est une information nécessaire.

Toute modification significative observée lors d'un suivi, c'est-à-dire au-delà de la marge des variations saisonnières et des incertitudes inhérentes aux méthodologies, doit être prise en considération et demande un suivi approfondi et une recherche de cause.
Chaque rapport de suivi présente une étude des variations temporelles des paramètres, en comparaison avec les suivis précédents et les états de référence.

Tout changement significatif est signalé.

Les conclusions encadrées facilitent la lecture des rapports dont les versions intégrales issues des bureaux d'études sont en annexe de ce rapport.

La mise en annexe de l'intégralité du rapport de suivi effectué par le bureau d'étude mandaté et des données brutes montre la transparence des conclusions. Le suivi du milieu marin est entièrement externalisé.

Caractéristiques du milieu marin, états initiaux et états actuels (en orange)

(Les rapports « clefs » pour la connaissance de l'état de référence sont indiqués en bleu et les rapports de suivis qui permettent une étude de l'évolution temporelle sont indiqués en orange)

- **Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer sur toute sa colonne**
  - Rescan, Supplemental Baseline Technical report : Physical Oceanography, octobre 2000 et Supplemental Baseline Technical Report : Marine Environment, novembre **2000** ;
  - Caractérisation physico-chimique des eaux sur 18 stations IRD **2005** (Convention Goro Ni/IRD n°1142)
  - Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux du canal de la Havannah et de la baie de Prony sur 18 stations IRD **2007** (Convention Goro Ni/IRD n°1312)
  - Dernières campagnes effectuées : mars 2009, août 2009, mars 2010, août 2010, mars 2011, aout 2011, mars 2012, aout 2012
  - Campagne actuelle inclue dans ce rapport : Mars 2013

- **Bio-indicateurs en cages**
  - Etat de référence de la zone Sud du lagon de Nouvelle-Calédonie : détermination de la qualité éco-toxicologique initiale des eaux par transplantation d'espèces bio-indicatrices (bio-accumulation) IRD **2009**.

    (Convention de recherches n° 1124 entre l'IRD et Vale NC (Goro Nickel à l'époque) portant sur 3 années prédictives quant au comportement de l'effluent : IRD 2007-2009.Volet éco-toxicologie).
  - Dernières campagnes : 2010, 2011 et 2012
  - Campagne actuelle encours de déploiement : 2013

- **Sédiments**
  - Rescan **2000**
  - Apports sédimentaires à l'embouchure du creek de la rade Nord en baie de Prony IRD **2006**
  - Etat de référence de la qualité physico-chimique des eaux et niveaux de concentration des métaux dans les sédiments sur 18 stations. IRD **2006**. (Convention IRD/ Goro Ni n°9135 AO)
  - Etat de référence de la distribution superficielle des sédiments, flux sédimentaires et taux d'accumulation dans la baie de Prony et dans la baie Kwé. IRD **2007**
  - Dernières campagnes effectuées : 2009, 2010, 2011 et 2012
  - Campagne actuelle en cours de déploiement: année 2013.

- **Stations éco-systémiques**
  - La comparaison temporelle est effectuée systématiquement à partir de la base de données du suivi semestriel effectué depuis 2007, suivi qui a été effectué sur les mêmes stations et avec la même méthodologie (Second trimestre 2012 : 9ème mission de suivi).
  - Les études d'état des lieux précédentes (qui ont débuté en 1994) ont fait l'objet d'un travail de synthèse : « Analyse et synthèse des études environnementales du domaine marin du Sud : baie de Prony – Canal de la Havannah », travail commandé par Vale Nouvelle-Calédonie pour la période 1994-2007 au professeur d'Université Claude CHAUVET ACREM, 2008.

    (Cf. tableau récapitulatif ci-dessous).
  - D'autres inspections et inventaires sous-marins peuvent donner lieu à des analyses comparatives, comme les 6 missions de suivi supplémentaires de l'embouchure du creek de la baie Nord (suite à avril 2009), ou les suivis écologiques avant et après la pose de l'émissaire sur des stations situées sur l'émissaire.
  - 10 Dernières campagnes règlementaires: aout 2007, octobre 2008, juin 2009, mars 2010, Aout/septembre 2010, mars 2011, aout 2011, mars 2012 et octobre 2012
  - Campagne actuelle inclue dans ce rapport : avril 2013

Le tableau n°18 suivant rappelle l'ensemble des missions d'évaluation éco-systémiques et de suivis sous-marins qui ont été effectués depuis 1994 dans le domaine d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie. L'ensemble des bureaux d'études et des spécialistes calédoniens a participé à ce travail.

Tableau 18 : Caractérisation du milieu marin – écosystèmes

Date de l'évaluation	Auteurs et/ou bureaux d'études	Titre
1994	Pierre Thollot / Laurent Wantiez	Caractérisation des milieux marins dans la région de Prony
1996	Pierre Thollot/ Laurent Wantiez	Evaluation des impacts du projet Goro Nickel sur les communautés biologiques marines de la baie Kwé et de la zone portuaire de la baie du Prony
Aout 2000	Rescan / ACREM /A2EP	Évaluation environnementale du projet Goro Nickel Milieu marin
Juillet 2000	ACREM/ Sebastien Sarramegna	Caractérisation des communautés biologiques coralliennes dans le cadre du projet Goro Nickel
Avril 2004	Rescan/ ACREM	Caractérisation du milieu marin (15 stations)
Mai et juin 2004	Sabrina Virly/ Pierre Laboute	Caractérisation des communautés biologiques du banc Ionontea dans le canal de la Havannah
Nov 2004	Pierre Laboute	Expertise du site : zone du débarcadère en baie du Prony
Mai 2005	Sabrina Virly/Pierre Laboute	Caractérisation des communautés marines biologiques autour du futur émissaire du projet Goro Nickel
Juillet 2005	Pierre Laboute	Caractérisation des communautés marines biologiques sur 6 stations du canal de la Havannah
Aout 2005	A2EP/ACREM	Etat de référence des peuplements récifaux et poissons associés en baie du Prony et dans le canal de la Havannah
Aout 2005	Pierre Laboute	Expertise en baie du Prony
Mars 2007	Melanopus	Etat de référence des habitats coralliens le long du tracé de l'émissaire. Baie Kwé et canal dela Havannah.
Mai 2007	Soproner	Caractérisation du milieu marin le long du tracé de l'émissaire
Nov 2007	Aqua terra/ ACREM	Etat biologique de 5 stations sur le tracé de l'émissaire
Dec 2007	A2EP	Suivi de l'état des communautés coralliennes en baie du Prony et canal de la Havannah
2008 2009 2010a 2010b 2011a 2011b 2012a 2012b 2013a	Aqua terra / ACREM / Biocénose	Suivis de l'état des communautés coralliennes et des populations associées en baie du Prony et dans le canal de la Havannah Suivis semestriels réglementaires

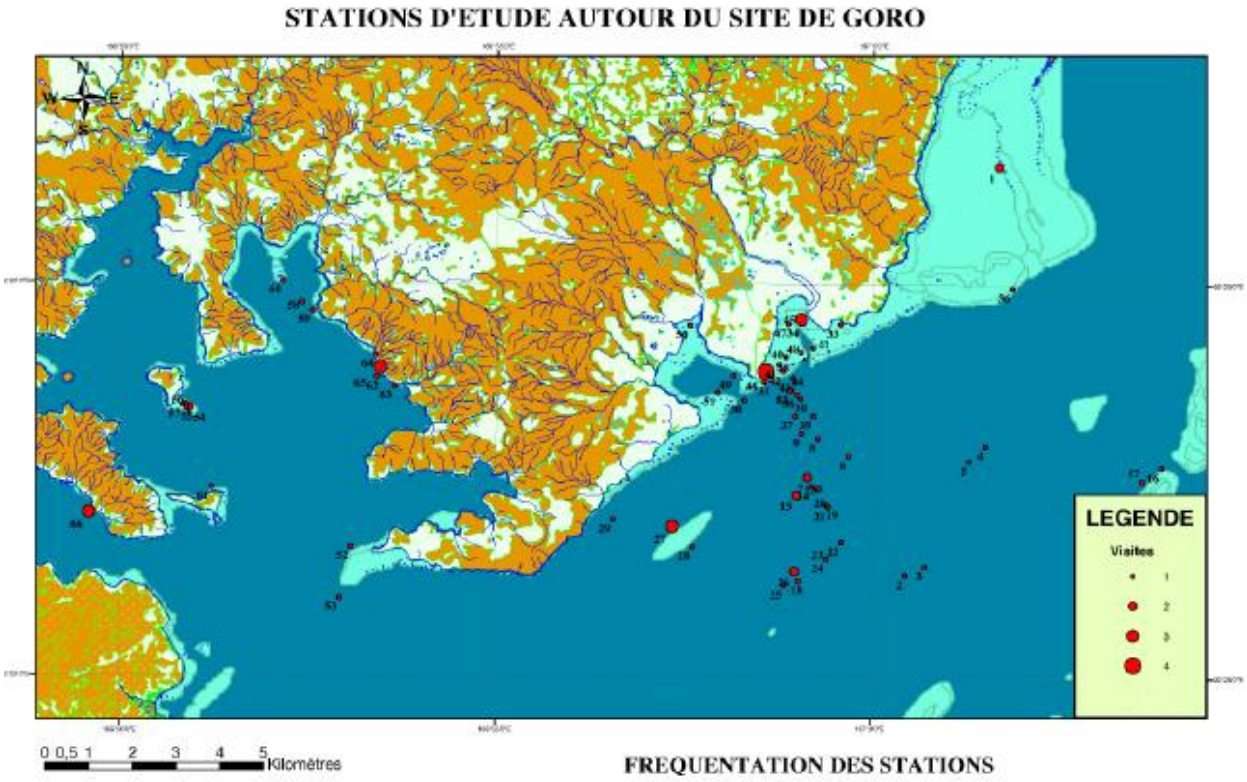
Tous les rapports sur les états de référence ont été communiqués aux administrations compétentes dans les dossiers ICPE (chapitre : Caractérisation des milieux) ainsi que les rapports de suivi et les études. Ils ont aussi été communiqués à l'ŒIL (Observatoire crée en 2009) en 2010, dans leur intégralité.

La figure suivante montre le déploiement des efforts d'évaluation du milieu éco-systémique sous-marin dans la zone d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie pour effectuer un état des lieux entre 1994 et 2007. Il s'agissait alors de la caractérisation de l'état des lieux et toutes les stations inventoriées n'ont pas été retenues pour les suivis une fois le projet Vale NC en fonctionnement.

Vale NC se conforme aux stations et aux méthodologies de suivis imposées par les arrêtés ICPE et la Convention CCB avec la Province Sud 2008, un atelier s'est tenu en mars 2006 sous le pilotage de la DENV et avec les biologistes marins ayant une bonne connaissance du lagon et ayant participé aux caractérisations de l'état des lieux et la méthodologie a alors été donnée. Depuis 2007 les suivis, au nombre de 10 missions, sont donc comparables en eux.

Figure 12

Stations d'étude pour la caractérisation du milieu marin depuis 1994 et fréquentation des stations



- **Flux sédimentaires**
  - L'état de référence des densités de flux verticaux de particules a été déterminé pour le canal de la Havannah et la baie Kwé en 2007 (convention IRD/Goro nickel n°1230)
  - Dernières campagnes règlementaire : 2011 et 2012 (5 campagnes au total sur l'exacte même méthodologie)
  - Campagnes actuelles inclues dans ce rapport : années 2012 et premier semestre 2013

3.2. Valeurs obtenues (Premier semestre 2013)

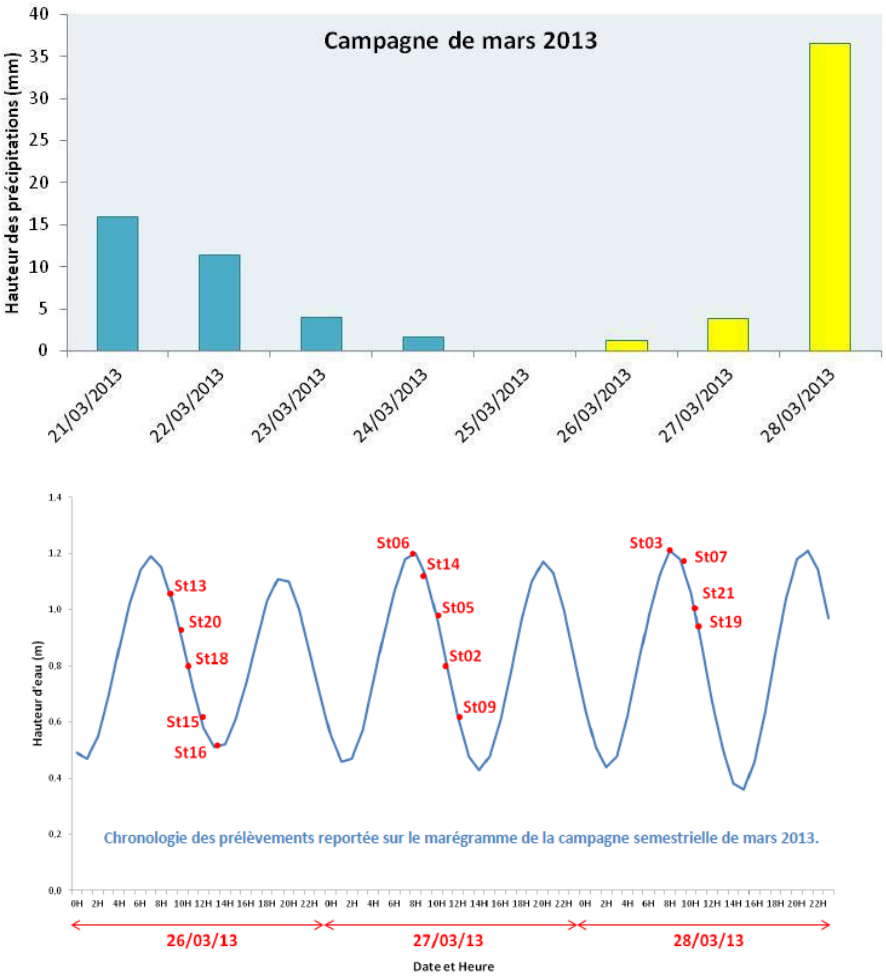
3.2.1. Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau et de la structure de la colonne d'eau de mer

Les opérations de terrain ont été réalisées :

- Pour la campagne semestrielle n°1 : Les 26, 27 et 28 mars 2013 sur les 14 stations prédéfinies ;
- Pour les campagnes trimestrielles : Le 26 mars et le 14 mai sur les deux stations St15 et St16 (au port et près de l'embouchure du creek de la Baie Nord),

Les figures suivantes situent les prélèvements lors de la mission du second semestre 2013, en fonction des marées et des précipitations.

Figure 13: Conditions météorologiques et état de la marée (campagnes du second Premier 2013)



Pour les analyses comparatives temporelles, les résultats obtenus durant la saison chaude (missions de février/mars) sont comparés entre eux, et ceux de la saison fraîche (missions d'août) sont comparés entre eux, notamment les données sur la structure des masses d'eau, en effet la corrélation avec la pluviométrie et les températures est forte et la pertinence des conclusions doit tenir compte des saisons. Cependant la séparation entre saison sèche et saison humide n'est pas rigide, il est plus judicieux de parler de saison fraiche et de saison chaude.

Le rapport complet présentant les résultats des analyses de tous les paramètres (28 paramètres indicateurs suivis sur 14 stations) est donné en annexe n°2 du présent document ainsi que les données brutes. Il peut être résumé comme suit :

Mission de MARS 2013 (Saison chaude, en fin de la saison cyclonique. Semestre n°1/ 2013)

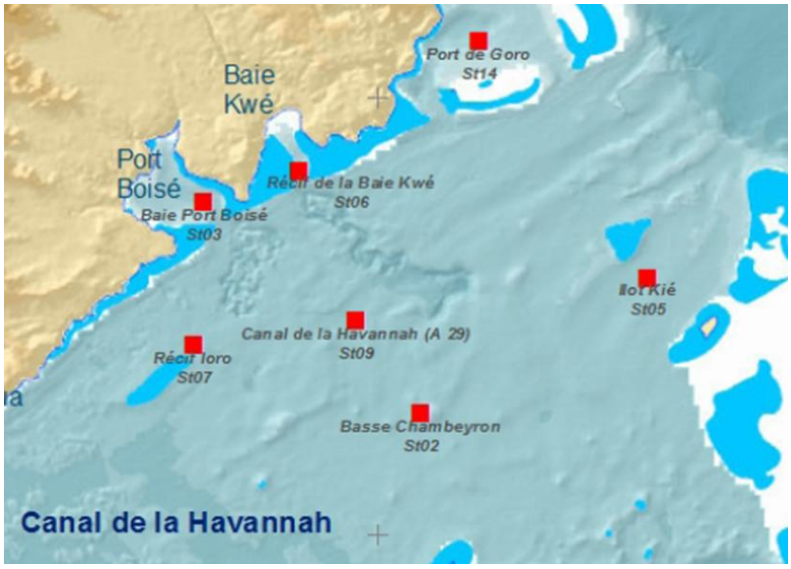
Les figures suivantes rappellent la position de ces stations afin de faciliter la lecture du rapport.

Figure 14: Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Baie de Prony) et île Ouen



Stations en baie du Prony : St 15, St 16, St 18 et St 19
Stations près de l'île Ouen : St 20 (de type embouchure ou fond de baie) et St 13
Récif Ugo : St 21

Figure 15: Rappel de la position et de la nomenclature des stations pour le suivi physico chimique (Canal de la Havannah)



Station dans canal de la Havanah (surveillance de l'effluent) : St 02, St 05, St 09 et St 07 ; Stations côte Nord du canal : St 03 et St 06 ; Station en baie de Goro : St 14

RESULTATS :

- ***Éléments majeurs et le pH***:

Les valeurs de pH et les concentrations des ions majeurs mesurées lors des campagnes de mars (et aussi celle mai 2013 sur les stations visitées trimestriellement : au port en creek baie nord) sont conformes aux valeurs attendues et relativement similaires d'une campagne à l'autre.

Aucune variation n'est observable par rapport aux résultats des missions précédentes. pH moyen de 8,27 +/- 0,02

Le tableau suivant présente les valeurs du pH et les concentrations en éléments majeurs (calcium, potassium, magnésium, sodium, chlore, sulfates,) sur le domaine entier puis sur les deux sous domaines différents que sont le canal de la Havannah et la baie du Prony. Ces deux sous domaines sont des entités bien différenciées d'un point de vue physico chimiques et éco systémiques aussi, ce qui est cohérent avec les modélisations effectuées en baie du Prony et canal de la Havannah sur la circulation des masses d'eau (Convention Vale NC/IRD Etudes de 2006 à 2009 puis en 2011)

Tableau 19: pH et concentrations en éléments majeurs, synthèse. Campagne du premier semestre 2013

		pH	Ca^{2+} (mg/L)	K^{+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
Domaine entier	Min	8,17	464	351	1358	13595	13143	1305
	Max	8,27	535	448	1716	15538	19365	2524
	Moy	8,24 ± 0,02	516 ± 13	404 ± 15	1548 ± 58	14912 ± 343	17800 ± 1187	2166 ± 244
Canal de la Havannah	Min	8,19	464	351	1358	13595	13143	1305
	Max	8,27	535	448	1716	15538	19162	2440
	Moy	8,25 ± 0,02	512 ± 17	401 ± 21	1533 ± 80	15065 ± 461	17425 ± 1804	2138 ± 343
Baie du Prony	Min	8,21	498	384	1479	14339	17258	1896
	Max	8,25	528	424	1620	15114	18109	2264
	Moy	8,23 ± 0,01	519 ± 9	406 ± 11	1562 ± 39	14789 ± 226	17686 ± 326	2085 ± 102

- ***Hydrocarbures:***

L'analyse des prélèvements aux stations St15 et St16 n'a pas permis de mettre en évidence des concentrations en hydrocarbures totaux supérieures à la limites de détection de la méthode (LQ < 0,1 mg/L). Ces deux stations ont un bilan annuel qui leur est dédié.

- ***Matières en suspension totales (MEST) :***

Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minéral ou organique).
Les concentrations moyennes de MES dans l'ensemble de la zone d'étude et tous niveaux confondus, s'élèvent à 1,10 ± 1,08 mg/L ; les valeurs étant comprises entre 0,35 et 6,59 mg/L. (Maximum en St19 à la point du Phare Est/ entrée de la baie du Prony. Cette mesure haute a probablement été causée par une remise en suspension du sédiment lors de la mesure de fond).

Les concentrations moyennes obtenues au niveau des stations du Canal de la Havannah (0,78 ± 0,28 mg/L) et en Baie du Prony (1,37 ± 1,72 mg/L),

Le néphéloïde benthique, défini par un gradient vertical de concentration, résulte de l'équilibre entre les composantes horizontales (apports des creeks) et verticales (panache de surface) du flux de particules. La variabilité de cet équilibre, contrôlée par les fluctuations dynamiques, induit des temps de résidence plus ou moins longs, permettant la modification de la nature du matériel particulaire par

des processus biogéochimiques qui jouent un rôle important dans le développement des écosystèmes benthiques.

L'ensemble des concentrations en MEST sur toutes les stations lors de la mission de mars 2013 est synthétisé sur la figure 16 suivante et les données brutes sont en annexe. Un chapitre dédié au Port (ST16) reprendra les paramètres de cette station de façon plus détaillée dans le bilan annuel.

La corrélation entre les MES et la turbidité d'un néphéloïde benthique est correcte comme le montrent les relevés des profils verticaux par la sonde multiparamétrique (paragraphe suivant).
La carte suivante (figure 17) présente les concentrations en MES dans toute la zone d'études et à 3 profondeurs différentes. **Aucune embouchure de creek ne montre une concentration en MES élevée lors de cette campagne.**

La turbidité mesurée par la sonde multiparamétrique de détermination de la structure de la colonne d'eau est en cohérence. Pour rappel : les valeurs guides et les valeurs mesures ci-dessous.



TUBIDITE (FTU)	Milieu considéré comme non perturbé
Fond de baie, littoral	1.5 – 8*
Lagon en milieu côtier	[0.5 – 1.5[
Proche récif barrière	< 0.5

* valeur pouvant être atteinte seulement durant quelques heures après plus de 100 mm de pluies.

Figure 16 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

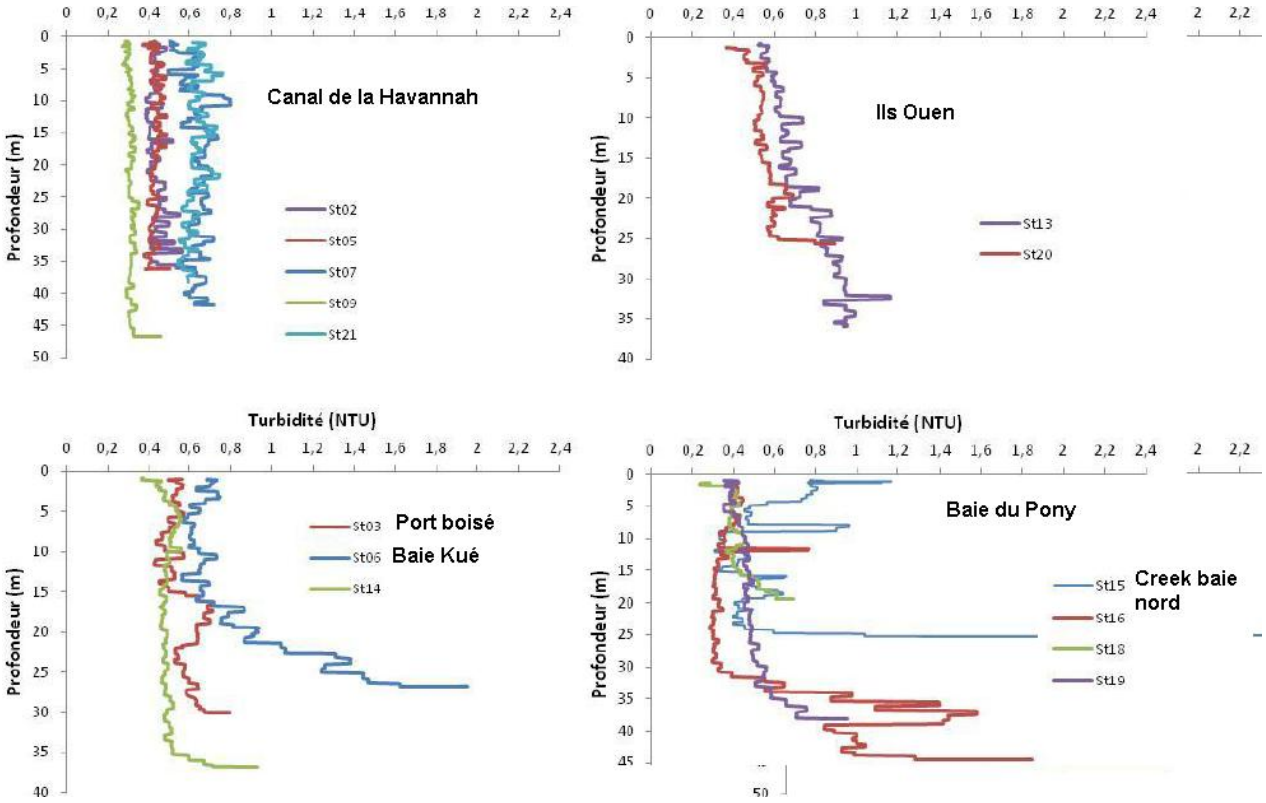
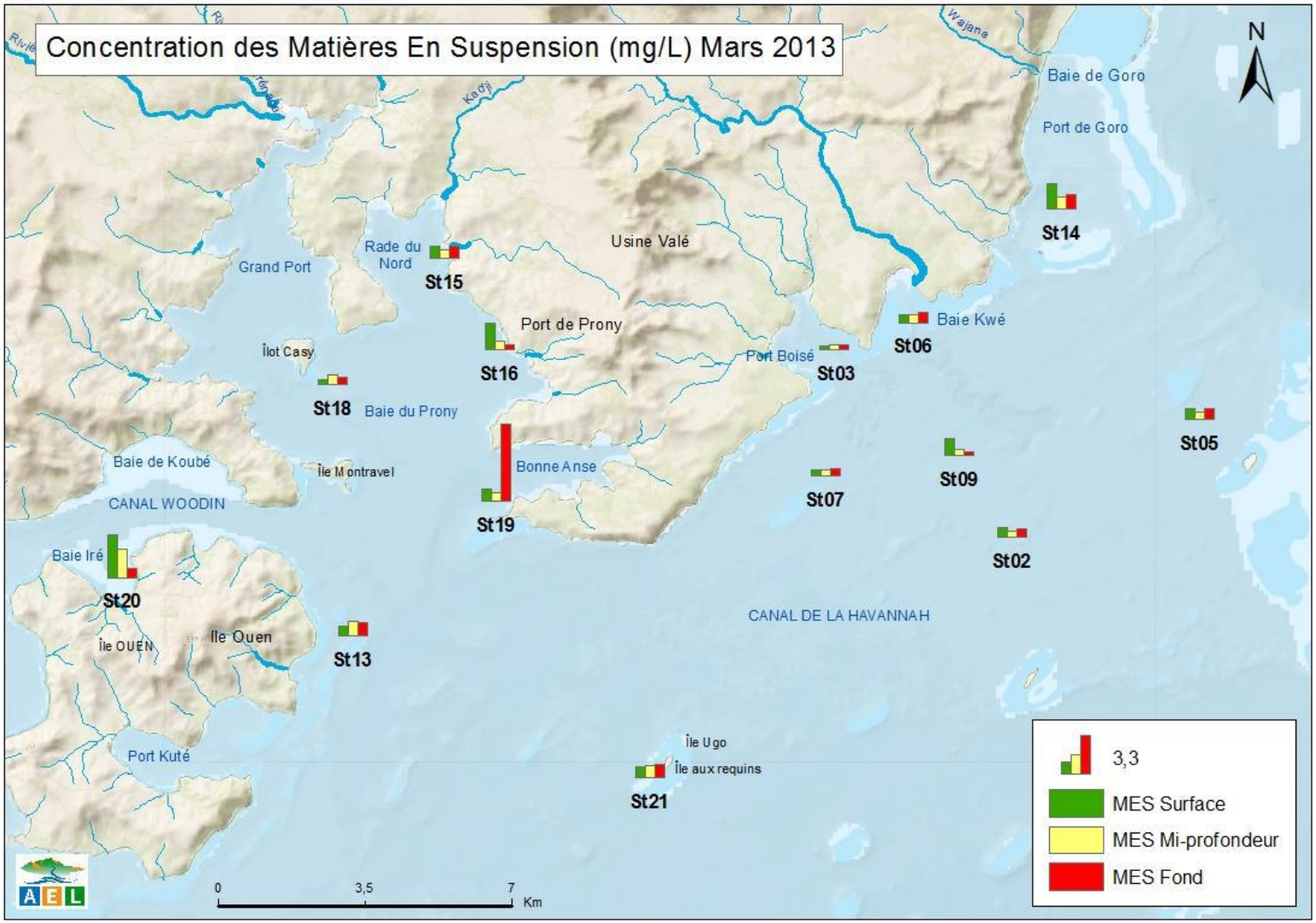


Figure 17: Concentration de MES (S = surface, M = mi profondeur, F = fond) dans l'ensemble de la zone d'étude Mission MARS 2013



➢ ***Structure de la masse d'eau : Profils de température, salinité, fluorescence et turbidité en fonction de la profondeur*** :

Les résultats sont conformes aux valeurs attendues, sur toutes les stations. La caractérisation des stations sous influence terrigène et sous influence marine confirme les analyses des années précédentes et les études en courantologie.

- ***La température :***

Le tableau suivant présente températures, turbidités, fluorescences et salinités sur le domaine étudié en 2013.

Tableau 20 : Température et salinité MARS 2013

Valeurs de la température, fluorescence, turbidité et salinité enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type).

		Température (°C)	Fluorescence (mg/m^3)	Turbidité (NTU)	Salinité (‰)
Domaine entier	Minimum	24,92	0,08	0,24	33,74
	Maximum	26,38	1,12	2,33	35,37
	Moyenne	25,77 ± 0,26	0,40 ± 0,07	0,59 ± 0,17	35,18 ± 0,18
Canal de la Havannah	Minimum	25,58	0,16	0,27	35,23
	Maximum	26,16	0,53	0,80	35,30
	Moyenne	25,89 ± 0,15	0,34 ± 0,03	0,49 ± 0,14	35,27 ± 0,02
Baie du Prony	Minimum	24,92	0,08	0,24	33,74
	Maximum	26,18	1,12	2,33	35,37
	Moyenne	25,60 ± 0,16	0,39 ± 0,07	0,58 ± 0,13	35,07 ± 0,30

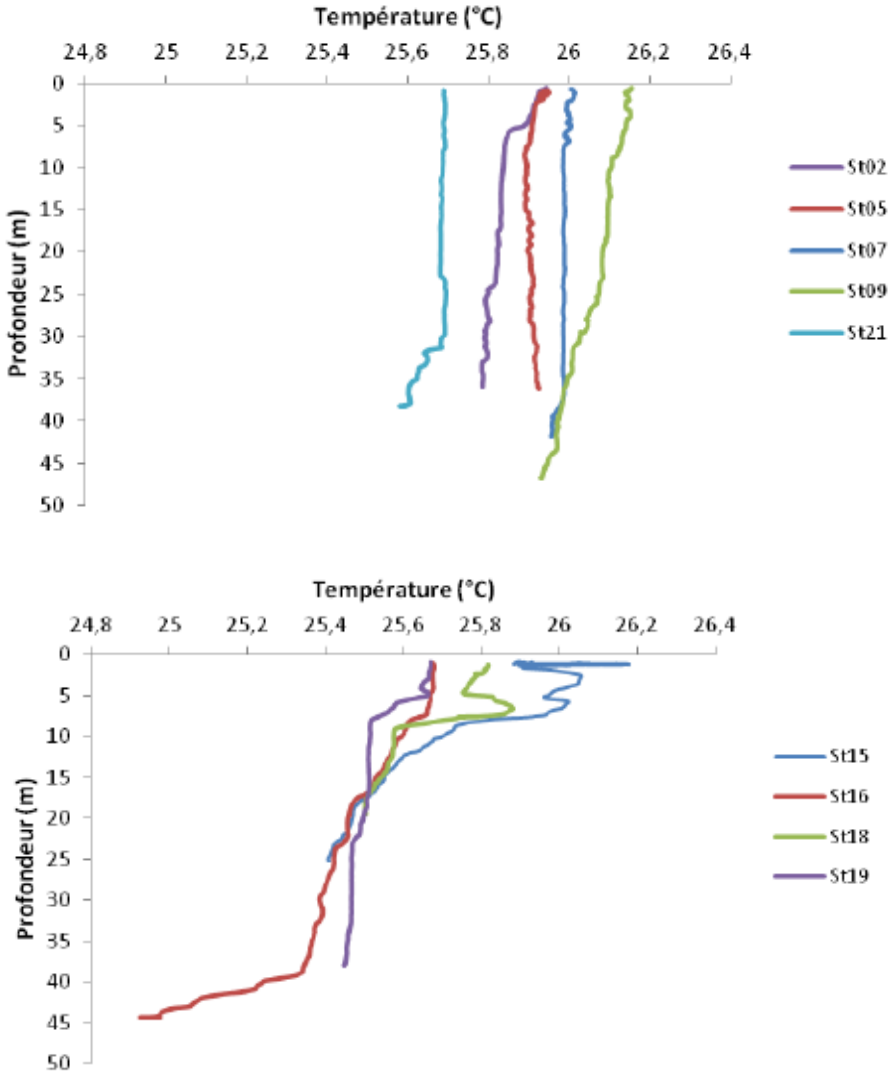
Les températures les plus faibles ont été enregistrées à l'Ilot Ugo (St21 ; 25,67 ± 0,03 °C).

Les stations localisées dans le Canal de la Havannah présentent des profils de température relativement homogènes ; les températures moyennes mesurées à ces stations diffèrent de quelques dixièmes de degrés entre elles.

Les profils enregistrés aux stations influencées par les apports d'eaux douces de Port Boisé (St03), de la Baie Kwé (St06) et des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, St18, St19) présentent des profils de température hétérogènes dans la colonne d'eau. Une masse d'eau de surface plus chaude est observée dans la Baie du Prony ; celle-ci est particulièrement mise en évidence à l'embouchure des creeks (St15) avec une perte de 0,5 °C entre 0 et 10 m. A l'inverse de la Baie du Prony, les baies de Port Boisé (St03) et Kwé (St06) présentent une fine couche d'eau plus fraiche en surface dont la température augmente dans les 5 premiers mètres.

L'ensemble des profils verticaux est présenté en annexe de ce rapport, sont présentés ici les profils homogènes caractéristiques des stations du canal de la Havannah et ceux caractéristiques des apports d'eau douce de surface des stations de la baie du Prony.

Figure 18 : Profils de température dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de MARS 2013.



- ***La salinité :***

Les stations du Canal de la Havannah et de l'Ile Ouen présentent des profils de salinité très homogènes au sein de la colonne d'eau. La salinité moyenne mesurée au niveau des 5 stations du Canal de la Havannah s'élève à 35,27 ± 0,02 ‰ et celle mesurée aux 2 stations de l'ile Ouen à 35,33 ± 0,01 ‰.

A l'inverse, les stations influencées par les apports d'eaux douces présentent des salinités plus faibles dans les 10 premiers mètres de surface, à partir de 5-10 m, la salinité de ces mêmes stations augmente jusqu'à (~35,20 ‰) et reste relativement stable dans le reste de la colonne d'eau. L'exception est la station St16 du port qui ne montre pas d'arrivée d'eau douce de surfacelors de cette mission.

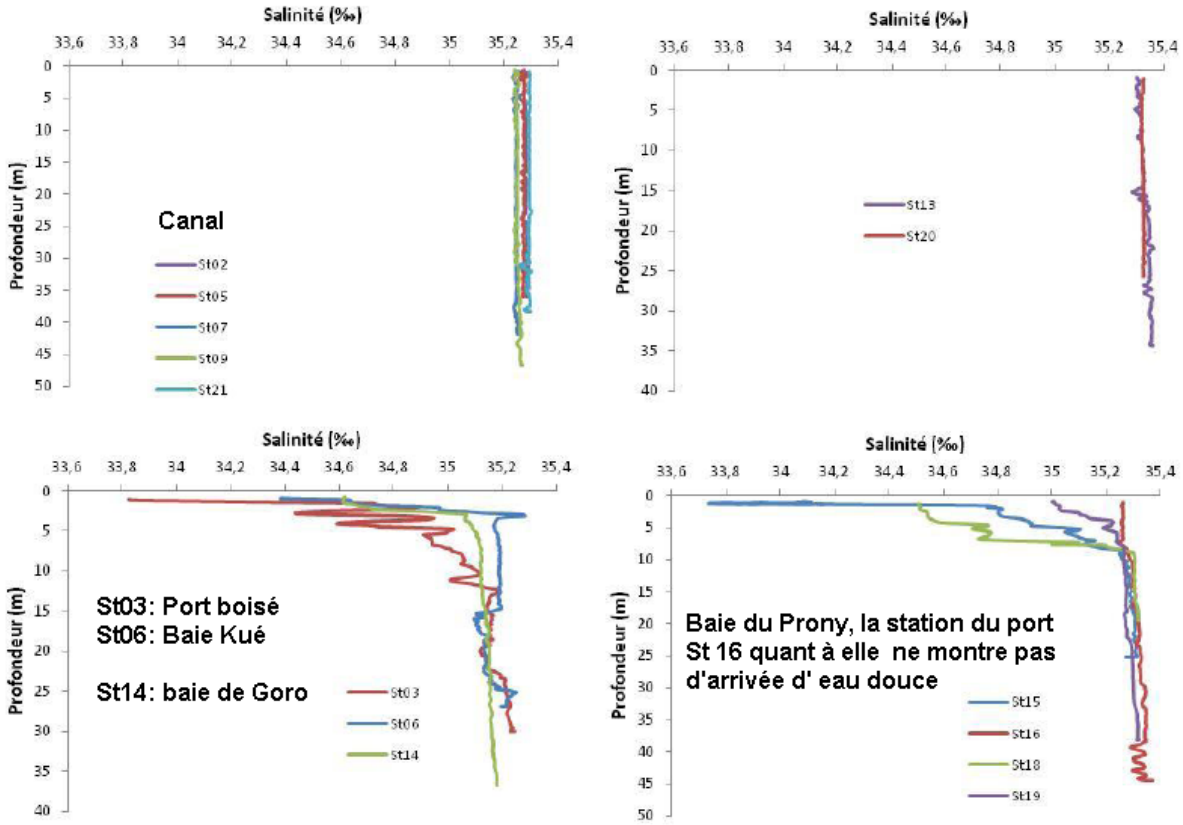
Les stations St15 (Prony Creek Baie Nord) et St03 (Port Boisé) présentent les salinités de surface les plus faibles de la zone d'étude atteignant 33,74 et 33,83 ‰, respectivement. (Bien qu'il ne s'agisse pas d'une période de pluies, durant cette mission).

Pour rappel : le passage du cyclone Freda les 2 et 3 janvier 2013 n'est pas enregistré dans cette campagne de mars 2013, un chapitre lui est dédié en fin de ce rapport (chap. 3.2.7.) La salinité lors

des fortes pluies peut chuter fortement dans les 3 premiers mètres des eaux d'embouchure et se maintenir basse plus d'une semaine.

Les profils de salinités des colonnes d' eau depuis la surface jusqu'au fond sont présentés ici dessous, l'homogénéité des stations du canal et les couches dessalés de surface en baie du Prony comme en face la baie de Port boisée ou la baie Kué sont très caractéristiques des hydro régions différentes.

Figure 19 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.



Ces résultats sont tout à fait conformes aux valeurs attendues.

- ***La turbidité :***

La turbidité de l'eau provient de la présence de diverses matières en suspension telles que : argiles, limon, matière organique et minérale en fines particules, plancton… Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minérale ou organique). La turbidité correspond à la propriété optique de l'eau qui fait que la lumière incidente est diffusée ou absorbée. Il s'agit d'un paramètre dont la signification dépend de la technique de mesure utilisée. Plusieurs mesures optiques rendent compte de la turbidité Dans la Baie du Prony, les profils de turbidité des 4 stations mettent tous en évidence une turbidité plus élevée en profondeur.

Cette campagne ne décèle pas de turbidité qui ne soit en pas cohérence avec l'état initial du milieu.

- ***La fluorescence :***

En Baie du Prony, les profils des stations St15, St16 et St18 se distinguent par une augmentation de la fluorescence avec la profondeur. Ces pics de fluorescence en profondeur (St15 et St18, voire St19) correspondant à la décantation soit, d'un bloom phyto-planctonique, soit de matière en suspension organique accumulée dans la couche turbide.

Cette campagne ne décèle pas de fluorescence qui ne soit pas en cohérence avec l'état initial du milieu.

Conclusion : Les profils verticaux de la colonne d'eau de mer mettent en évidence les stations influencées par les apports d'eaux douces des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, voire St18 à Casy), et des rivières des baies avec la station Kwé (St06) et de celle de Port Boisé (St03).

Les profils permettent également de distinguer les stations influencées par les masses d'eaux océaniques telles que les stations St02 et St05 dont les variables physico-chimiques sont remarquablement stables au sein de la colonne d'eau. En effet, dans le Canal de la Havannah, d'importants brassages verticaux des couches d'eaux ont lieu.

Les stations les plus proches de la zone de rejet de l'effluent n'enregistrent aucune modification dans la structure verticale de leur colonne d'eau.

Ces résultats sont cohérents avec les études et modélisations de l'hydrodynamisme dans le canal de la Havannah et en baie du Prony.

- ***Chlorophylle « a » et phéo-pigments :***

Les concentrations de chlorophylle « a » des stations localisées proches des côtes présentent une distribution verticale avec des valeurs plus élevées en profondeur qu'en surface.

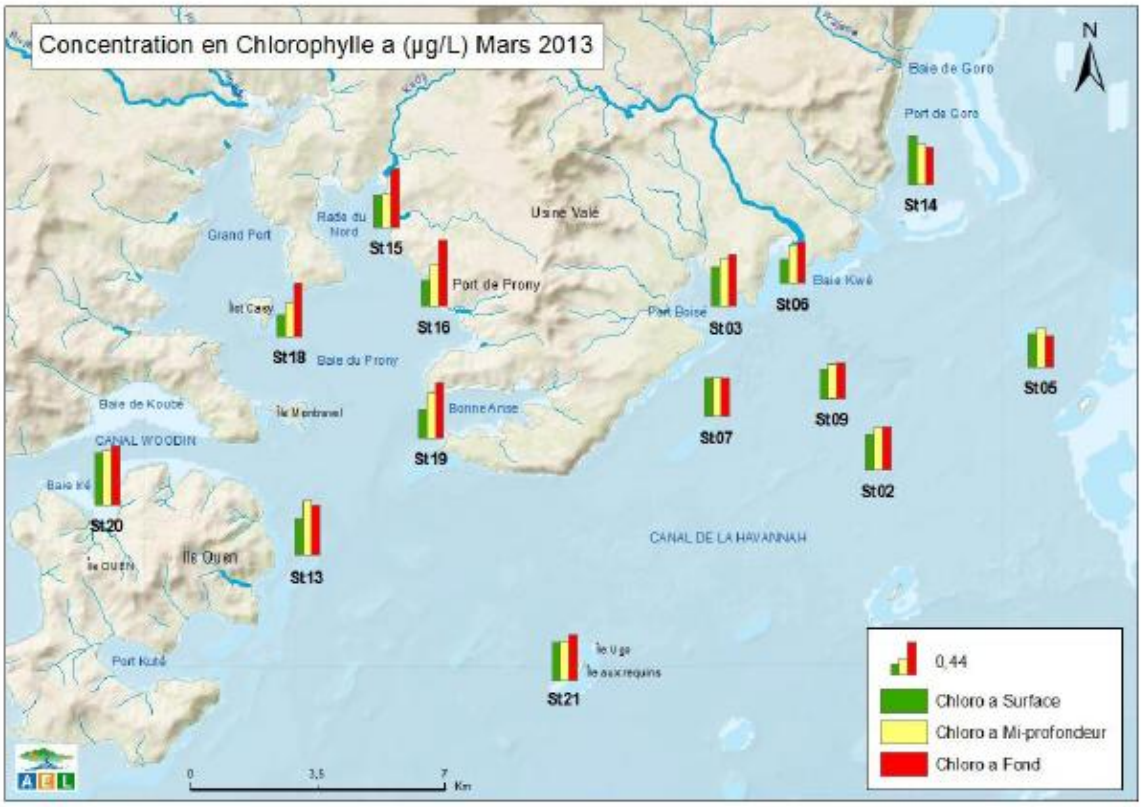
Ces gradients peuvent être corrélés avec les profils de turbidité de ces mêmes stations qui montrent la présence de néphéloïdes benthiques. Cette augmentation de pigments chlorophylliens provient de la dégradation de débris végétaux en suspension dans ces couches turbides.

Les concentrations de phéo-pigments mesurées dans la Baie du Prony sont plus faibles que celles mesurées dans le Canal de la Havannah Celles-ci ne présentent pas de distribution particulière avec la profondeur La concentration maximale a été mesurée à la station « Port de Goro » en profondeur, celle-ci s'élevant à 0,25 µg/L. Cette forte concentration peut être corrélée avec la celle de COP mesurée à la même station. La légère couche turbide présente à cette station semble avoir accentué l'activité phyto-planctonique dans cette zone, augmentant ainsi la concentration de phéo-pigments et de COP.

Tableau 21 : Concentrations de chlorophylle « a » et phéopigments mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		Chlorophylle *a* (µg/L)	Phéopigments (µg/L)
Domaine entier	Min	0,28	0,01
	Max	0,88	0,25
	Moy	0,54 ± 0,13	0,09 ± 0,05
Canal de la Havannah	Min	0,39	0,06
	Max	0,60	0,16
	Moy	0,50 ± 0,06	0,10 ± 0,03
Baie du Prony	Min	0,28	0,01
	Max	0,88	0,12
	Moy	0,55 ± 0,19	0,06 ± 0,04

Figure 20 : Concentration de chlorophylle a dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.



grille de lecture pour les concentrations en chlorophylle *a* (d'après comm. pers. R. Arfi, 2010)

CHLOROPHYLLE A (µg/L)	Bon	Moyen	mauvais
Fond de baie, littoral	[0.2 – 1.5[	[1.5 – 5.0[	≥ 5.0
Lagon en milieu côtier	[0.1 – 1.0[	[1.0 – 2.0[	≥ 2.0
Proche récif barrière	< 0.3	Upwelling, bloom [0.3-0.5[	≥ 0.5

- ***Concentrations en sels nutritifs : ammonium NH4+, nitrates et nitrites, phosphates, silicates.***

Les concentrations de nitrates et nitrites (NO3+NO2) sont très dispersées dans la zone d'étude. Les concentrations de NH4, NO2+NO3 et PO4 sont globalement plus faibles dans la Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah.

La concentration la plus élevée de la zone a été mesurée dans les eaux de surface de la Baie Kwé (St06) ; celle-ci s'élevant à 1,393 µM.

Depuis 2007, les concentrations moyennes de l'ammonium NH4 mesurées lors des campagnes « saison humide » ne montrent pas d'évolution particulière.

Les concentrations moyennes des phosphates PO4 mesurées en mars 2013 restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des précédentes campagnes semestrielles « saison humide » depuis 2007 ; celles-ci sont particulièrement similaires à celles mesurées lors de la campagne de 2007.

Bien que les concentrations maximales en silicates mesurées en mars 2013 (12,34 et 12,96 µM) soient plus élevées que pour les campagnes « saison humide » depuis 2007, les concentrations moyennes de silicates mesurées en mars 2013 restent dans le même ordre de grandeur que celles des précédentes campagnes.

L'eau de la station dite du Creek de la Baie Nord (en baie du Prony), notamment en surface, ne présente pas de valeur haute en sels nutritifs, pas plus que les autres stations de la baie du Prony.

Une concentration ponctuelle et en surface, avec une valeur haute de la teneur en nitrates & nitrites dans le baie Kué attire l'attention et sera suivi avec attention, notamment par un prélèvement et une mesure/analyse d'eau supplémentaire. (Résultats dans le bilan annuel).

Il n'y a pas de risque d'eutrophisation ni de perturbation. Les concentrations des sels nutritifs mesurées lors de cette dernière campagne restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des campagnes « saison humide » depuis 2007, à l'exception des concentrations de NO3+NO2 de 2012 et 2013 qui, globalement, subissent une légère diminution.

Ces résultats sont mis en parallèle avec le suivi des nitrates dans les cours d'eau. Ils sont conformes .

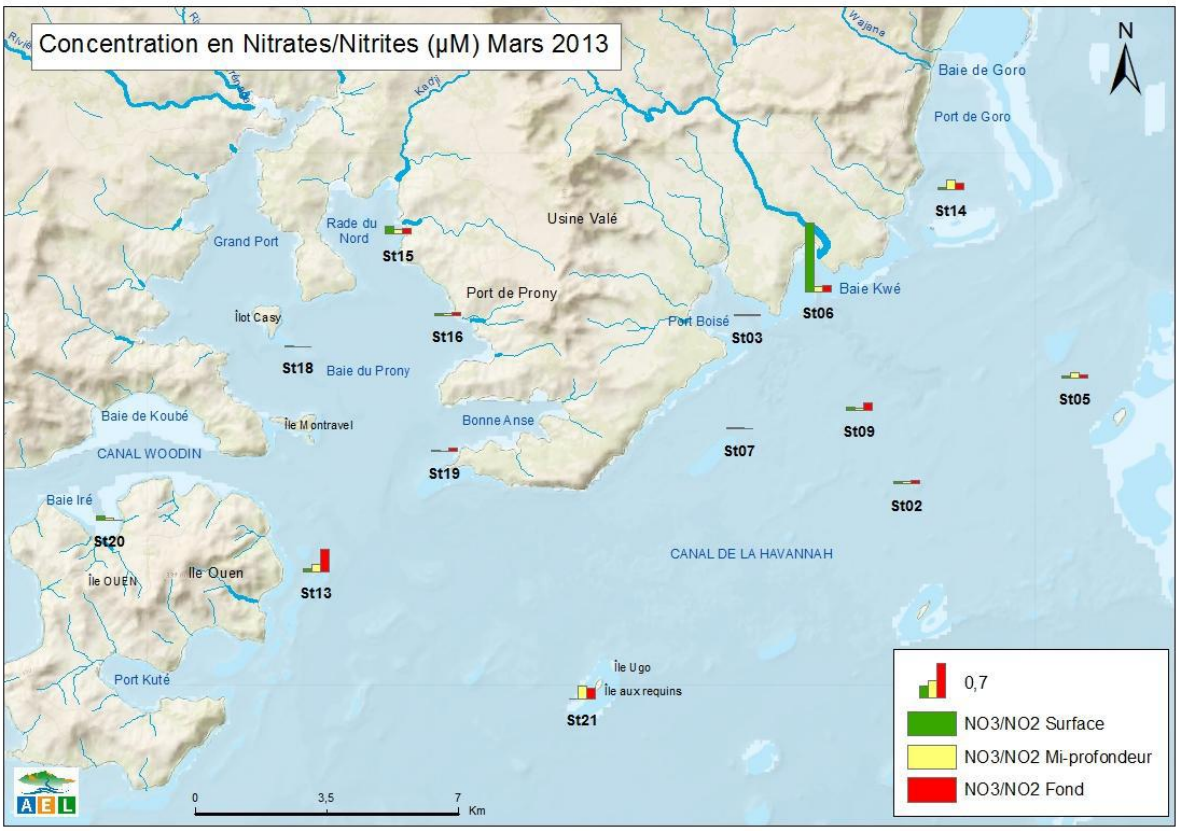
Le tableau suivant présent ces teneurs en sels nutritifs, par domaines, et les résultats bruts des analyses sont en annexe du rapport.

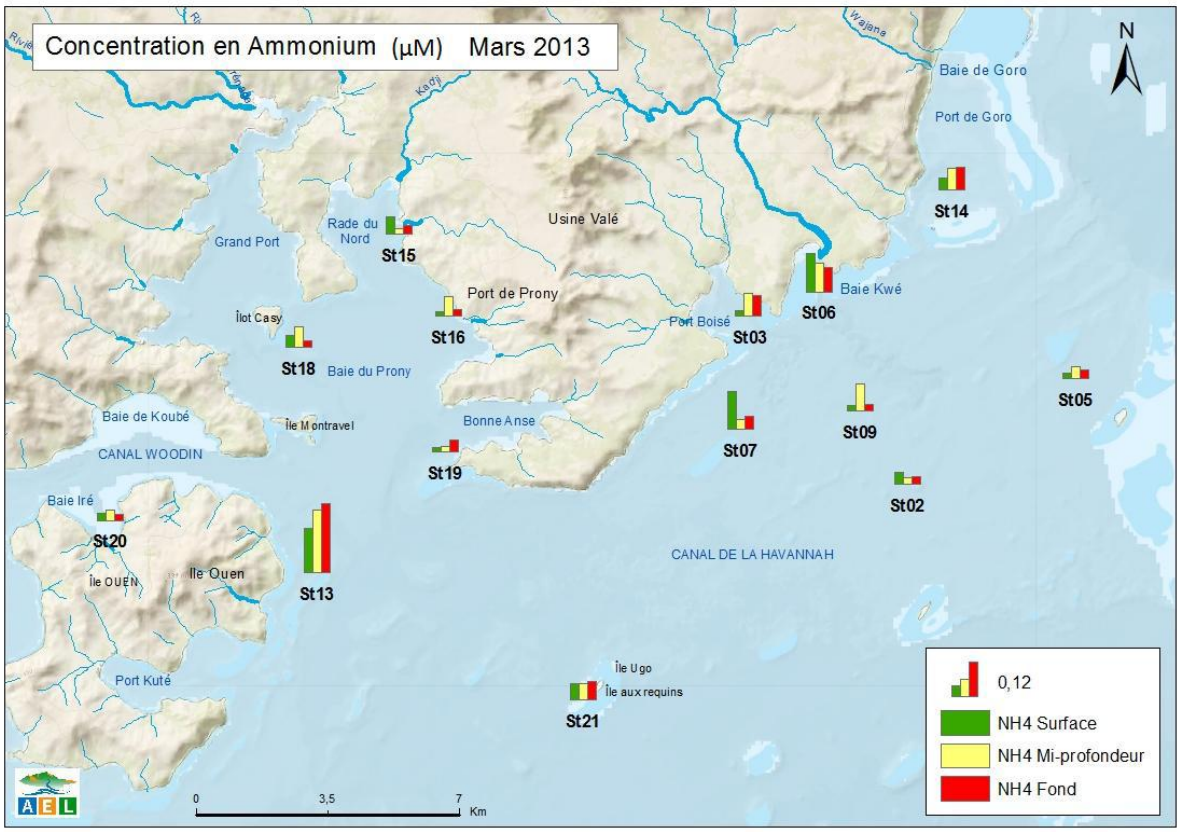
Tableau 22 : Concentration en sels nutritifs dans les grands domaines de la zone d'étude en mars 2013

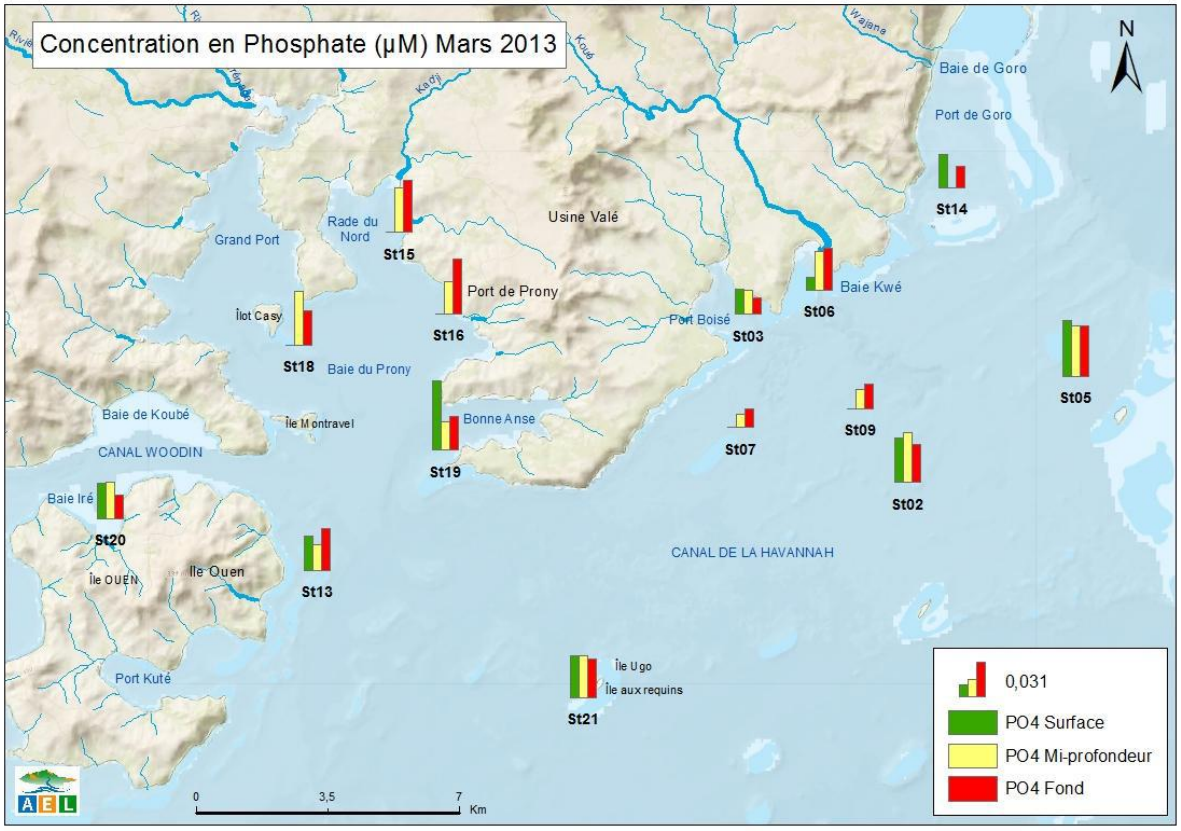
		NO_3+NO_2 (µM)	NH_4 (µM)	PO_4 (µM)	SiO_4 (µM)
Domaine entier	Minimum	<LQ	0,014	<LQ	0,74
	Maximum	1,393	0,246	0,063	12,96
	Moyenne	0,130 ± 0,233	0,061 ± 0,052	0,033 ± 0,012	1,97 ± 2,54
Canal de la Havannah	Minimum	<LQ	0,019	<LQ	0,74
	Maximum	0,263	0,135	0,051	1,16
	Moyenne	0,088 ± 0,074	0,049 ± 0,032	0,034 ± 0,013	0,96 ± 0,14
Baie du Prony	Minimum	<LQ	0,014	<LQ	1,19
	Maximum	0,148	0,073	0,063	12,96
	Moyenne	0,070 ± 0,042	0,036 ± 0,021	0,041 ± 0,012	2,68 ± 3,32

<LQ: valeur inférieure à la limite de quantification

Figure 21 : Concentration en sels nutritifs dans les grands domaines de la zone d'étude en Mars 2013




Concentration en Ammonium (µM) Mars 2013
N
Baie de Goro
Port de Goro
St14
Usine Valé
Rade du Nord
St15
Grand Port
Port de Prony
St16
Baie Kwé
St06
Port Boisé
St03
Ilot Casy
St18
Baie du Prony
St05
St09
Baie de Koubé
Ile Montravel
Bonne Anse
St07
CANAL WOODIN
St19
St02
Baie Iré
St20
CANAL DE LA HAVANNAH
Ile OUEN
Ile Ouen
St13
Port Kuté
Ile Ugo
Ile aux requins
St21
0,12
NH4 Surface
NH4 Mi-profondeur
NH4 Fond
0
3,5
7
Km


Concentration en Phosphate (µM) Mars 2013
N
Baie de Goro
Port de Goro
St14
Usine Valé
Rade du Nord
St15
Grand Port
Port de Prony
St16
Baie Kwé
St06
Port Boisé
St03
Ilot Casy
St18
Baie du Prony
St05
St09
Baie de Koubé
Ile Montravel
Bonne Anse
St07
CANAL WOODIN
St19
St02
Baie Iré
St20
CANAL DE LA HAVANNAH
Ile OUEN
Ile Ouen
St13
Port Kuté
Ile Ugo
Ile aux requins
St21
0,031
PO4 Surface
PO4 Mi-profondeur
PO4 Fond
0
3,5
7
Km

Pour rappel

Tableau 23 : Le guide pour une méthodologie du suivi du lagon calédonien indique ces grilles de lectures

Ce sont des guides de comparaison mais ce sont les états des lieux et les suivis précédents qui sont à considérer dans l'analyse des évolutions

grille de lecture pour les concentrations en NH4+ (d'après Arfi, comm. pers., 2010)

$NH4^+$ (µmol/L)	Milieu considéré comme non perturbé	Milieu considéré comme modérément perturbé	Milieu évoluant probablement vers l'eutrophisation
Fond de baie, littoral	< 0.5	[0.5 – 1.0[	> 1.0
Lagon en milieu côtier	< 0.3	[0.3 – 0.7[	> 0.7
Proche récif barrière	< 0.2	[0.2 – 0.5[	> 0.5

grille de lecture pour les concentrations en NO3 (d'après Arfi, comm. pers., 2010)

NO_3 (µmol/L)	Milieu considéré comme non perturbé	Milieu considéré comme modérément perturbé	Milieu évoluant probablement vers l'eutrophisation
Fond de baie, littoral	< 0.2	[0.2 – 20[	> 20
Lagon en milieu côtier	< 0.5	[0.5 – 3.0[	> 3.0
Proche récif barrière	< 0.1	[0.1 – 0.7[	> 0.7

: grille de lecture pour les concentrations en orthophosphate (d'après Arfi, comm. pers., 2010)

ORTHOPHOSPHATES (µmol/L)	Milieu considéré comme non perturbé	Milieu considéré comme modérément perturbé	Milieu évoluant probablement vers l'eutrophisation
Fond de baie, littoral	< 0.5	[0.5 – 2.0[	> 2.0
Lagon en milieu côtier	< 0.3	[0.3 – 1.0[	> 1.0
Proche récif barrière	< 0.1	[0.1 – 0.2[	> 0.2

- ***Carbone, azote et phosphore organiques : NOD, POD, NOP, POP et COP*** (selon s'ils sont dissous ou particulaires, la distinction entre la matière dissoute et la matière particulaire étant généralement située à la limite de 0,45 µm.)

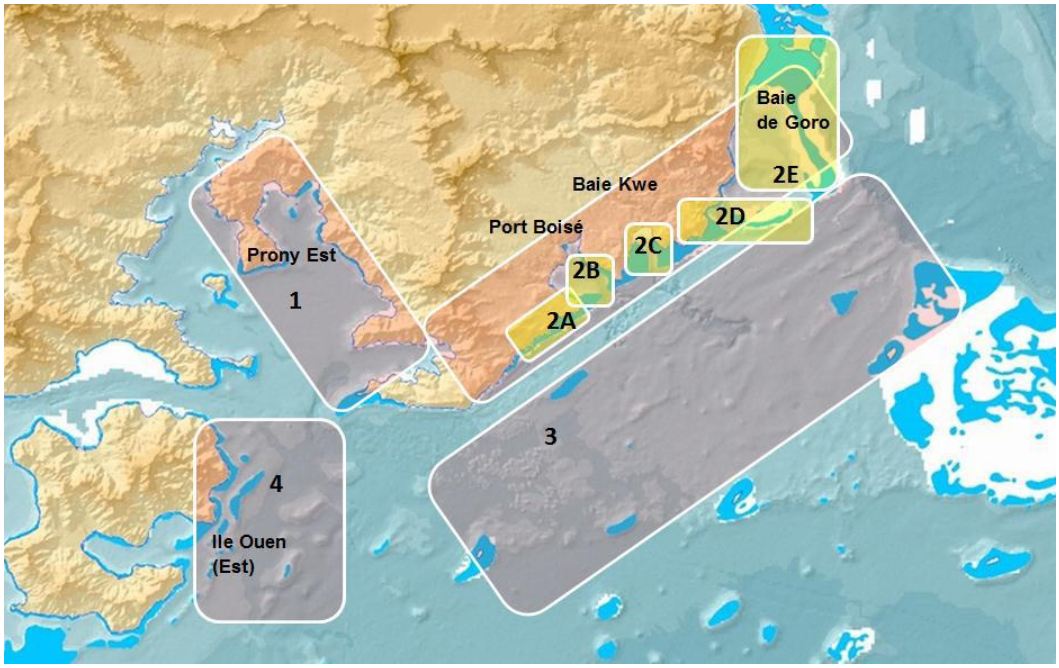
  Aucune distribution ni anomalie particulières ne sont observées au cours de cette mission de MARS 2013. Les concentrations de matières organiques (dissoute et particulaire) mesurées lors de cette campagne restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées en 2012 lors de la précédente campagne semestrielle « saison humide ».

  (Résultats intégraux en annexe de ce document)

➢ ***Concentration en métaux :***

Comme il a été observé lors des campagnes précédentes et lors de l'état des lieux, les métaux naturellement contenus dans les roches latéritiques du sud calédonien (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) se distribuent selon un gradient côte-large bien individualisé. Les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21) influencées par les masses d'eau océaniques, se distinguent clairement par des concentrations en métaux (Co, Mn, Ni, Cr(VI) et Cr (total) nettement inférieures à celles mesurées aux stations proches des côtes (St03, St06, St14, St15, St18, St19 et St 20).

L'état des lieux et les modélisations ont permis de définie des hydro régions depuis 2009, elles sont rappelées ici dessous et les analyses semestrielles de la qualité de l'eau concordent avec ces domaines respectifs.



Rappel :

Les concentrations habituellement observées dans le lagon, en métaux dissous indicateurs est indiqué dans le guide du lagon ZoNeco / CNRT 2011, en fiche 9.

Un état des lieux a été effectué par l'IRD en 2005 pour la zone Vale NC et notamment pour les stations suivies dans ces missions de surveillance qui ont toutes été incluses dans la caractérisation 2005.

En MARS 2013

- Les concentrations de cadmium (Cd) et plomb (Pb) sont en dessous des limites de quantification fixées, compte tenu des très basses teneurs de ces métaux dans les roches latéritiques du sud calédonien ;
- As : Comme observé lors de la dernière campagne semestrielle d'août 2012, les concentrations d'arsenic (As) sont remarquablement homogènes au sein de la zone d'étude ainsi qu'entre les différents niveaux de profondeur échantillonnés ;
- Les concentrations de fer (Fe) semblent montrer un très léger gradient côte-large avec des concentrations plus élevées au niveau des stations proches des côtes ;
- Les concentrations de Zn sont distribuées de façon hétérogène au sein de la zone d'étude et ne présentent pas de gradient vertical. Les concentrations maximales ont été observées en mi-

profondeur à la station St20 (Baie d'Iré -Canal woodin, île ouen : 0,87 µg/L). (Cf. cartes suivantes, figure 27).

- Comme observé lors des précédentes campagnes, les concentrations des métaux dissous cobalt (Co), chrome hexavalent Cr(VI), manganèse (Mn) et nickel (Ni) se distribuent selon un gradient « côte-large » bien défini.

Globalement, les concentrations de métaux dissous mesurées lors de cette campagne ne diffèrent pas de manière significative par rapport aux concentrations moyennes obtenues lors des précédentes campagnes « saison humide » (2007 à 2013) à l'exception du Cu dont la concentration varie à travers les années. Elle est suivie au port tout particulièrement. Ces dernières missions les concentrations en Cu présentent une diminution en 2013, comparées aux concentrations mesurées lors des précédentes années.

Dans la zone d'étude, les concentrations moyennes de Cr(VI) et Ni sont relativement similaires entre 2012 et 2013 alors que les concentrations de Co, Fe, Mn et Zn diminuent très légèrement.

Plus dans le détail :

Les concentrations maximales de Co, Cr(VI), Mn et Ni ont été mesurées à la station St15, station la plus proche de l'embouchure des creeks de la Baie de Prony, et à la station St06, influencée par les apports de la Kué.

Par exemple, les concentrations de Ni mesurées en surface à ces 2 stations (St06 : 0,73 µg/L ; St15 : 0,58 µg/L) sont 6 et 2 fois, respectivement, plus élevées que celles mesurées en profondeur (St06 : 0,12 µg/L ; St15 : 0,28 µg/L).

Tableau 24 : Concentration en métaux dissous en microgrammes/ litre. Mars 2013

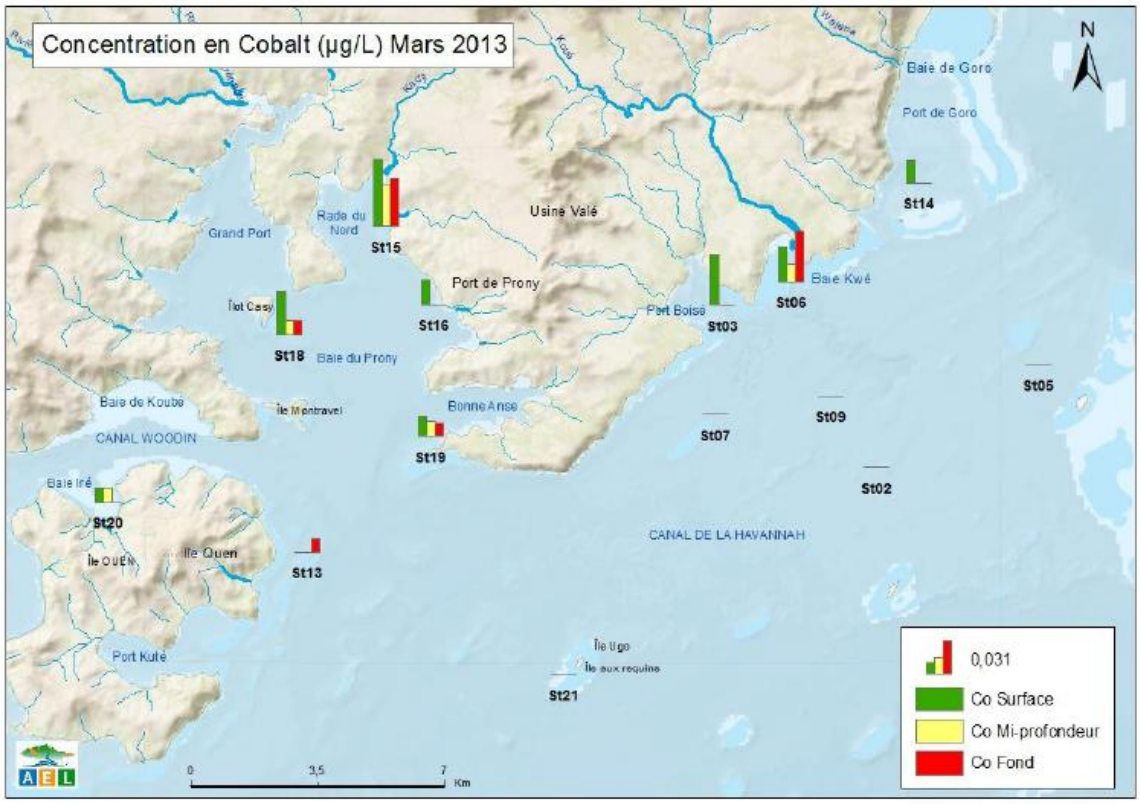
Concentrations des métaux dissous mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		As (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Domaine entier	Min	1,50	<LQ	0,067	<LQ	0,009	0,021	0,041	0,022
	Max	2,00	0,061	0,380	0,075	0,058	0,462	0,726 Baie Kué	0,867
	Moy	1,76 ± 0,11	0,027 ± 0,016	0,118 ± 0,070	0,030 ± 0,015	0,027 ± 0,012	0,109 ± 0,097	0,174 ± 0,162	0,181 ± 0,145
Canal de la Havannah	Min	1,70	<LQ	0,067	0,015	0,009	0,021	0,041	0,033
	Max	1,90	<LQ	0,123	0,043	0,044	0,052	0,085	0,267
	Moy	1,80 ± 0,07		0,082 ± 0,013	0,024 ± 0,007	0,024 ± 0,009	0,039 ± 0,009	0,067 ±0,013	0,164 ± 0,083
Baie du Prony	Min	1,5	0,012 CBN	0,095 Baie Kué	0,015	0,012	0,072	0,109	0,063
	Max	1,9	0,061	0,380	0,075	0,058	0,462	0,578 CBN	0,404
	Moy	1,70 ± 0,13	0,028 ± 0,017	0,167 ± 0,087	0,034 ± 0,021	0,027 ± 0,014	0,197 ± 0,123	0,241 ± 0,143	0,153 ± 0,101

Le guide ZoNeco /CNRT 2011 donne en grille de lecture indicative les concentrations en métaux suivants : Mn, Ni et Chrome VI (fiche 9).

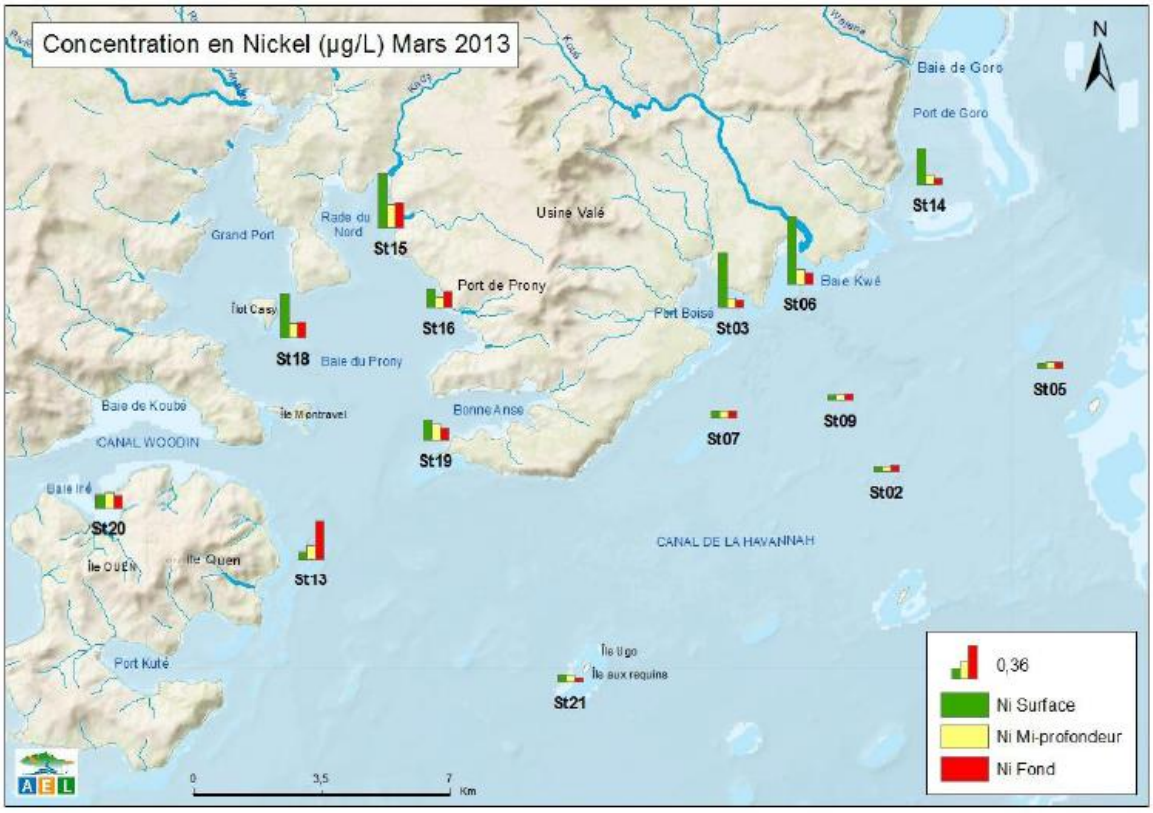
- Milieu non perturbé : Cr VI < 0,25 µg/L ; ne pas dépasser 0,60 µg/L
- Milieu non perturbé : Ni < 0,40 µg/L ; ne pas dépasser 0,75 µg/L
- Milieu non perturbé : Mn < 0,35 µg/L ; ne pas dépasser 0,80 µg/L

Figure 22 : Concentrations en Co sur toutes les stations en mars 2013.



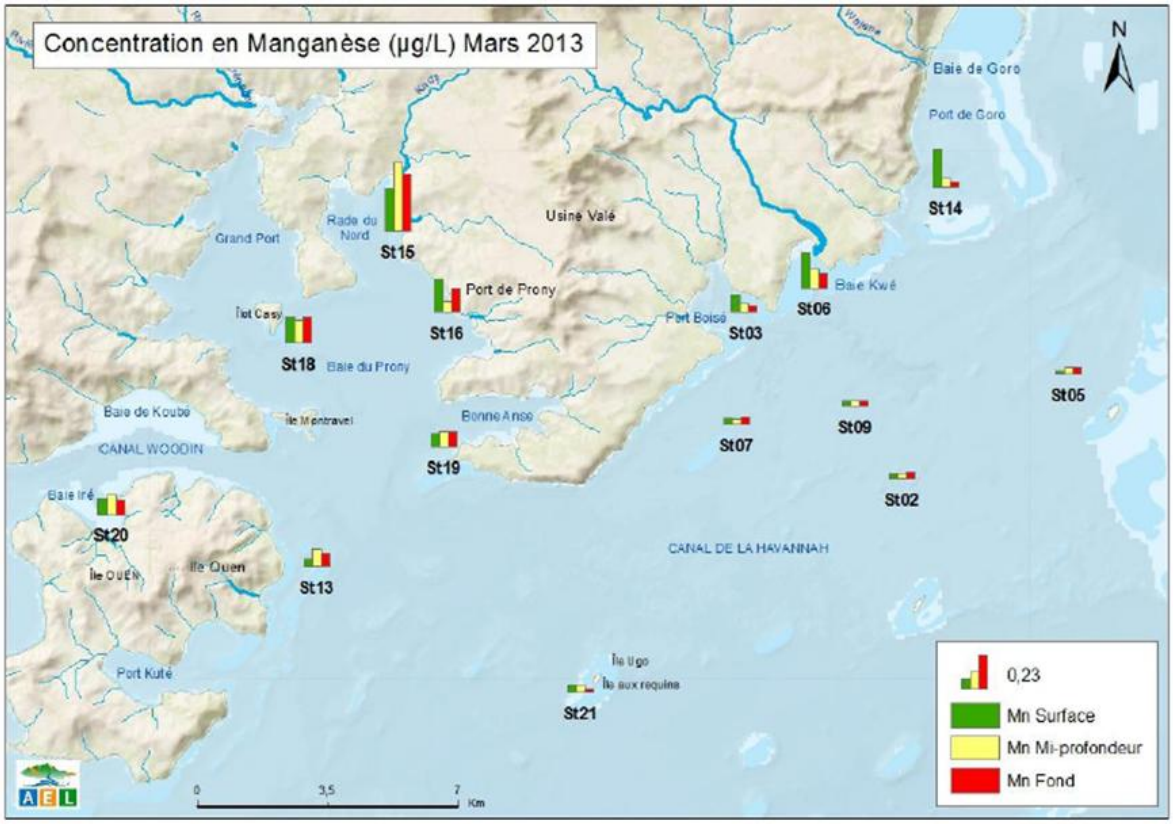
Co et Ni sont les marqueurs qui signent les apports en eaux de surface, en baie de Port boisé (non sous influence d'un bassin versant sous activité minière) comme en baie Kué (sous influence de la mine de Goro) et comme en baie du Prony.

Figure 23 : Concentrations en Ni sur toutes les stations en mars 2013.



La carte suivante montre la distribution spatiale des concentrations en manganèse sur toutes les stations en mars 2013..Les mêmes conclusions sont observées, cet indicateur terrigène est en très faible concentration dans le canal en saison sèche, comme en saison pluvieuse.

Figure 24 : Concentrations en Mn sur toutes les stations en mars 2013.



Le cuivre est variable en concentration, il a montré des concentrations sporadiquement élevées en baie Iré (St 20 île Ouen : Cu jusqu' à 1, 21 µg/L et 0,63 µg/L), et en face le port de Prony. Puis il a diminué en concentration < seuil de détection, il est suivi avec attention, notamment au port.
La figure 25 suivante montre que les concentrations en cuivre dans la colonne d'eau de la station du port ne sont pas significativement supérieures au port que sur d'autres stations.

Cu au port St16 MARS 2013:

- Surface : 0,040 µg/L
- Moyenne profondeur : 0,015 µg/L
- Au fond : 0,025 µg/L

Moyenne en baie du Prony : 0,034 µg/L ± 0,021
Moyenne dans le canal de la Havannah : 0,024 µg/L ± 0,007

Cu au port St 16 MAI 2013 :

- Surface : 0,060 µg/L
- Moyenne profondeur : 0,35 µg/L
- Au fond : 0,040 µg/L

En mai 2013 le Cu est plus concentré à mi profondeur sur St16, avec un « pic » à 0,35 µg/L, en mars 2013 il est d'avantage présent en surface, la différence est difficilement interprétable ; une forte concentration de Cu pourrait éventuellement provenir des coques de bateaux présents au wharf de Prony, une corrélation a été tenté mais sans succès. En 2012 la synthèse de l'évolution des concentrations en cuivre dans l'eau de la station St16 du port a été effectuée mais une augmentation n'est pas décelable et bien d'autres stations de la zone (notamment Iré St 20 ou Casy St18) présentent des fluctuations des concentrations de cuivre relativement élevées sans corrélation avérée avec des bateaux.

Figure 25 : Concentrations en Cu sur toutes les stations en mars 2013.

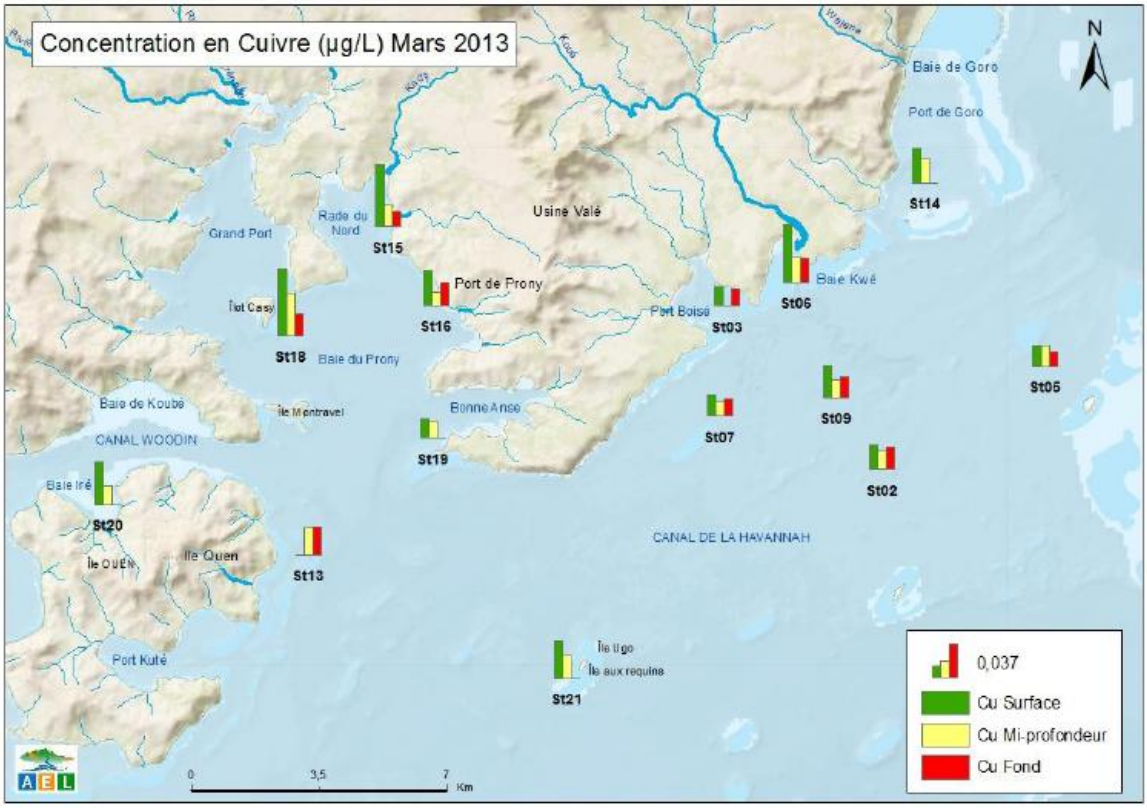
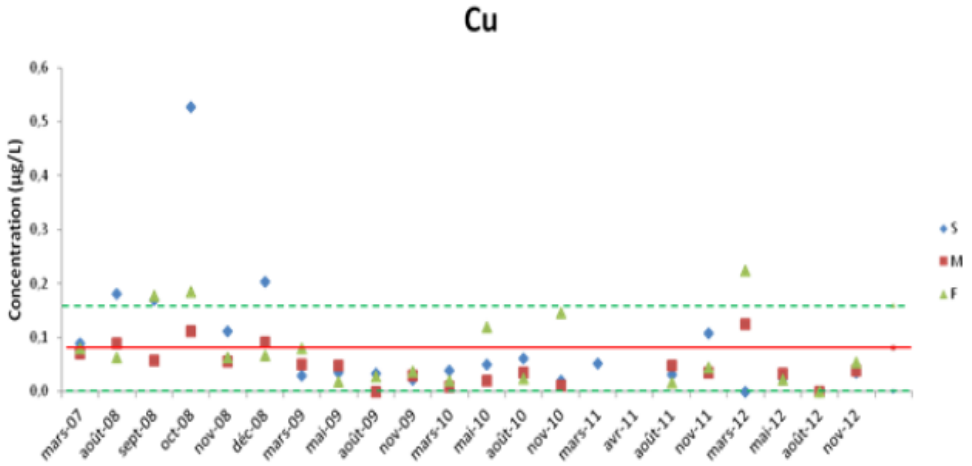
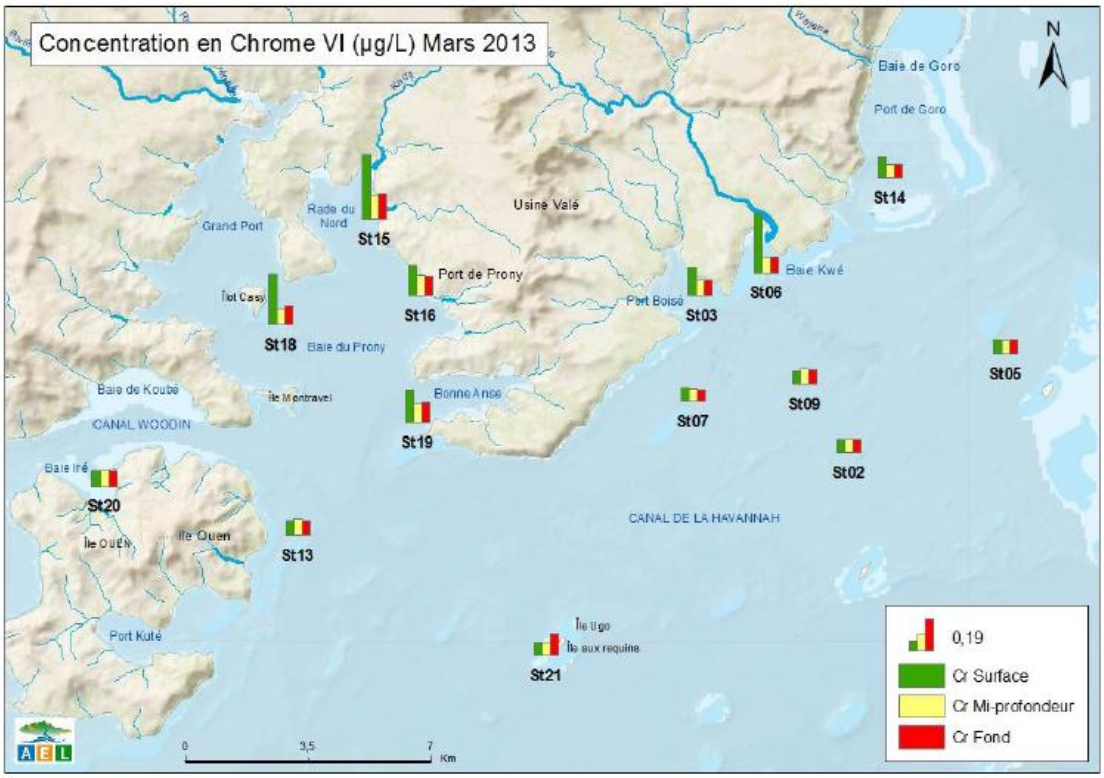


Figure 26 : Rappel : Concentrations en Cu sur la station St16 du port de Prony bilan 2012 (prochain bilan fin de l'évolution du Cu au port : fin 2013)



Concentrations de Cu mesurées à la station St16 (S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond) lors des campagnes de prélèvement réalisées entre 2007 et 2012.

Figure 27 : Concentrations en Cr VI sur toutes les stations en mars 2013.



Le Cr VI est un indicateur au même titre que Ni, Co et Mn.

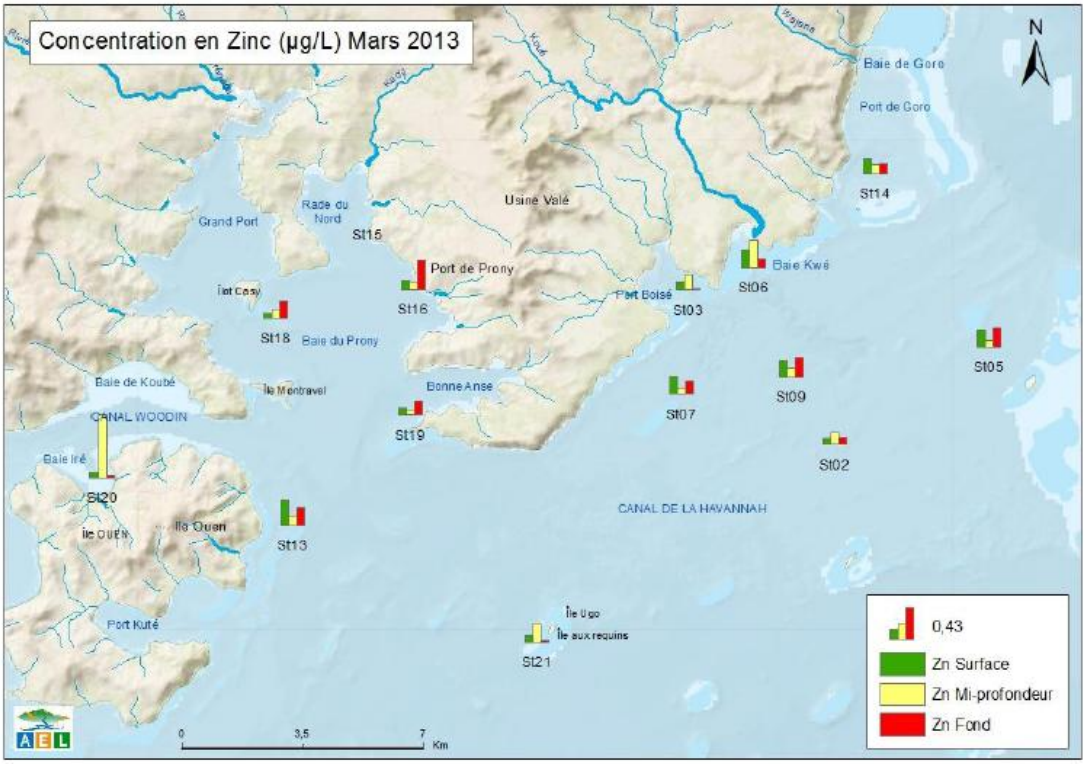
Quant au zinc, de faible concentration, sauf à la station St 20 Iré où il montre un pic en eau de semi profondeur.

De tel pics sont à surveiller mais sans crier alarme trop vite car des fluctuations non pérennisées sont possibles et la sensibilité de la détection est très puissante grâce aux méthodologies d'analyses employées, les contaminations ponctuelles des échantillons doivent aussi être très soigneusement contrôlées.

Ces « photographies instantanées » effectuées par prélèvements d'eau et analyses à un temps t sont des indicateurs instantanés certes pertinents mais à suivre dans la durée pour rechercher des tendances évolutives statistiquement démontrées sur plusieurs suivis. (cf chapitre suivant).

Les indicateurs intégrateurs sont à coupler pour l'analyse des résultats, par exemple ceux du caging (bio accumulateur de métaux élevés dans des cages, Cf bilan annule de fin d'année)

Figure 28 : Concentrations en Zn sur toutes les stations en mars 2013.



Les données intégrales et les analyses plus poussées sont données en annexe de ce document.

Le chapitre suivant est crucial car il s'agit de l'analyse de l'évolution des paramètres au fil des missions (effectuée par le bureau d'études, une synthèse plus poussée est donnée annuellement).

Analyse temporelle des fluctuations des paramètres

L'analyse temporelle des fluctuations des paramètres est expliquée par le lessivage des sols latéritiques. Le gradient de distribution des métaux indicateurs d'influence terrigène est bien marqué, de la cote vers le centre du canal de la Havannah (Ni, Co, Cr VI, Mn) en cohérence avec les études précédentes.

Les figures suivantes montrent les résultats pour les stations « sentinelles » les plus caractéristiques :

- **St15: Embouchure Creek Baie Nord en baie du Prony**
- **St06 : Embouchure baie Kué**
- **St09: Canal de la Havannah près du diffuseur**

Pour faciliter la lecture du document nous rappelons la position et le nom usuel des stations suivies et les domaines différents distingués:

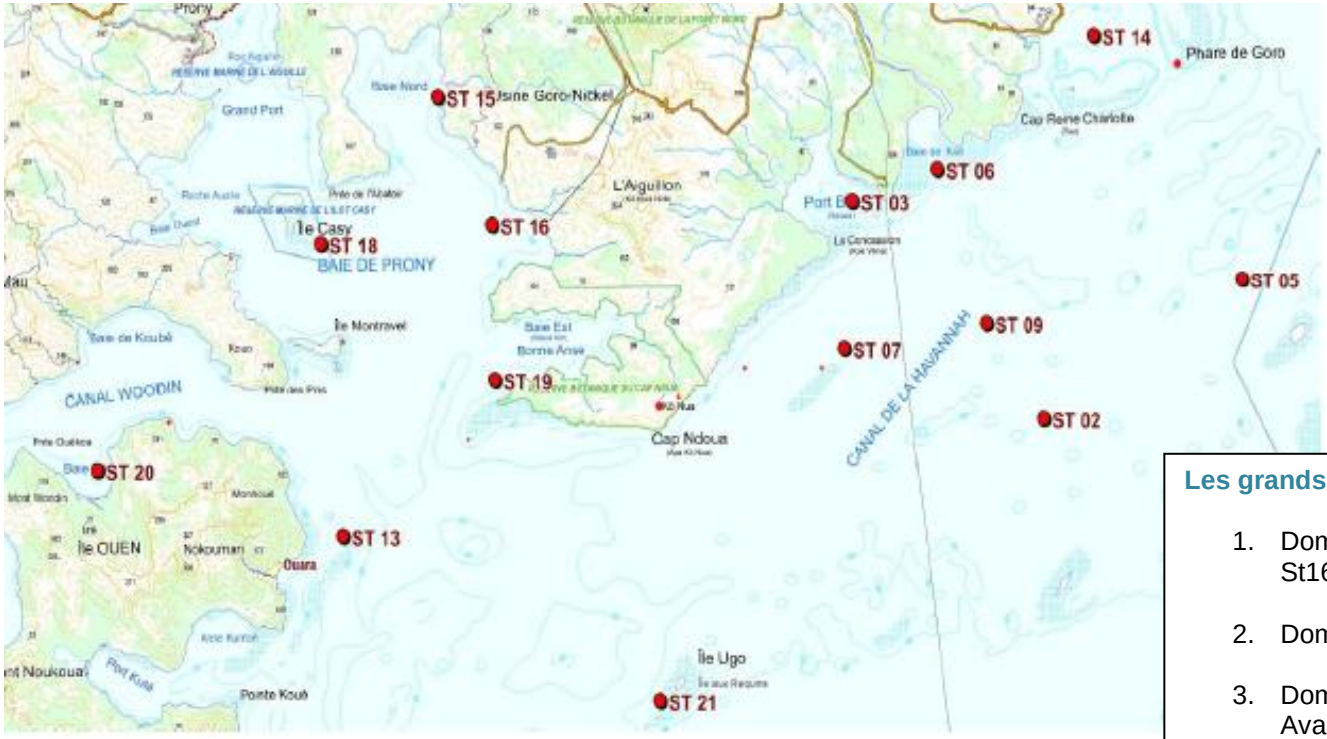
– Baie du Prony,

– Canal Woodin,

– Zone côtière du canal de la Havannah,

– Centre du canal de la Havannah (zone de rejet de l'effluent).

Figure 29: Rappel de la position et de la nomenclature des stations suivies



Localisation	Station	Profondeur (m)
Basse Chambeyron	St02	33
Baie Port Boisé	St03	29
Ilot Kié	St05	34
Récif de la Baie Kwé	St06	20
Récif Ioro	St07	41
Canal de la Havannah	St09	47
Pointe Nord du récif Ma	St13	35
Port de Goro	St14	37
Prony Creek Baie Nord	St15	25
Prony Wharf	St16	44
Prony Ilot Casy	St18	26
Rade de l'est	St19	38
Baie Iré	St20	25
Ilot Ugo	St21	36

Les grands domaines distincts:

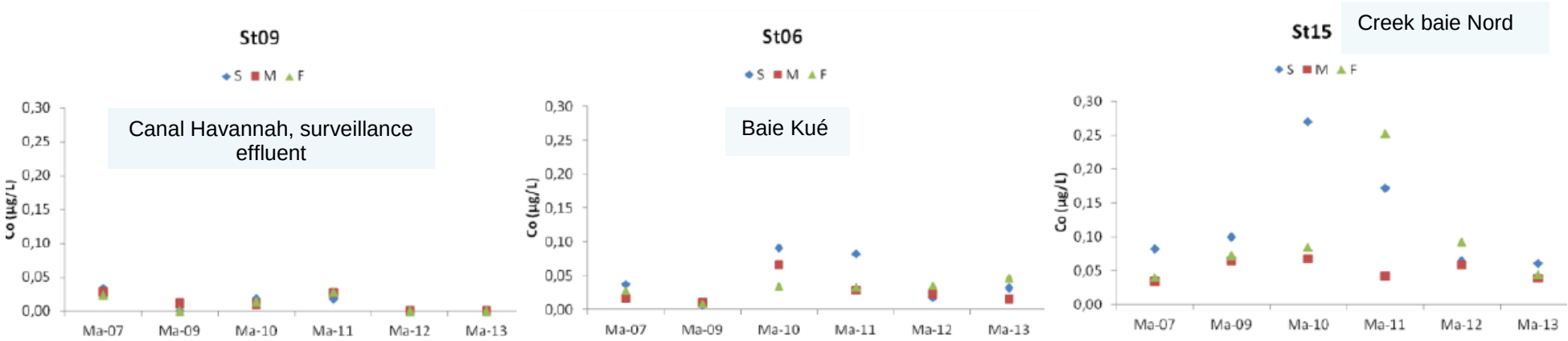
1. Domaine de la baie du Prony : St15 ; St16, St18 et St19
2. Domaine du canal Woodin: St20
3. Domaine des baies côtières Nord Avannah : St03 et St06
4. Domaine du canal de la Havannah : St09, St02, St05, et St 21.

Les stations qui entourent le diffuseur sont : St09, St07 et St02

Les figures suivantes présentent l'évolution temporelle des concentrations en métaux Entre 2007 et 2013

Figure 30 : Concentrations en Cobalt (Co) aux stations caractéristiques des 3 grands domaines : St 09 (centre canal de la Havannah / zone de rejet de l'effluent) ; St06 (Récif côtier de la baie Kwé), et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de MARS 2007 à MARS 2013.

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond)



(Données brutes en annexe de ce rapport).

Interprétation : En bleu la couche d'eau de surface, qui provint des creeks et rivières en zones côtières, l'eau dessalée est moins dense que l'eau de mer. La signature terrigène « Cobalt » n'atteint pas le centre du canal de la Havannah même par temps de pluies (St09) et l'effluent rejeté ne porte pas de modification sur St 09, ni en surface ni en profondeur, pas plus que sur toutes les autres stations du canal.

Dans la baie Kué (St06) en même temps qu'en baie du Prony au Sud -Ouest de l'embouchure du creek de la baie Nord (St15), remarquons en surface un augmentation de l'empreinte Cobalt en mars 2011 et en mars 2010 par rapport aux autres années, cela ne peut que provenir d'une période de plus fort débit des creeks lors de ces deux mois de mars, et il faut se référer aux conditions météo du moment, alors qu'en mars 2013 par exemple le débit est moindre.

Pour cette raison et comme indiqué dans la méthodologie (chapitre 3.2.1 Influence des conditions météorologiques, page 40) il est recommandé d'effectuer un suivi en saison pluvieuse et un suivi en saison sèche, suivis à minima semestriels. Lors des analyses comparatives afin de déceler une tendance évolutive au fil des années, on doit comparer les résultats des mois de mars entre eux, et ceux du mois d'aout entre eux.

Il est possible de vérifier rapidement les corrélations avec les conditions météorologiques puisque les conditions météo accompagnent les bilans.

Mars 2013 : 14,4mm de pluie durant les 5 jours avant les prélèvements et à peine 5mm les journées de prélèvements sur ST15 et St06

→ Co < 0,1µg/L en zone côtière



Mars 2011 : 20, 9 mm de pluie les 5 jours avant les prélèvements et 2,4 mm les journées de prélèvements sur ST15 et St06

→ Co > 0,1µg/L en zone côtière

Et surtout en 2010 :

Mars 2010 : 57,2 mm de pluie les 5 jours avant les prélèvements et 18,2 mm les journées de prélèvements sur ST15 et St06

→ Co > 0,1µg/L en zone côtière

Des conditions climatiques différentes engendrent des concentrations en métaux différentes qui sont bien enregistrées par la méthodologie employée.

Les concentrations dans le canal de la Havannah restent, quant à elles, constantes < 0,05µg/L

Le Ni, va montrer le même phénomène. Le Mn aussi.

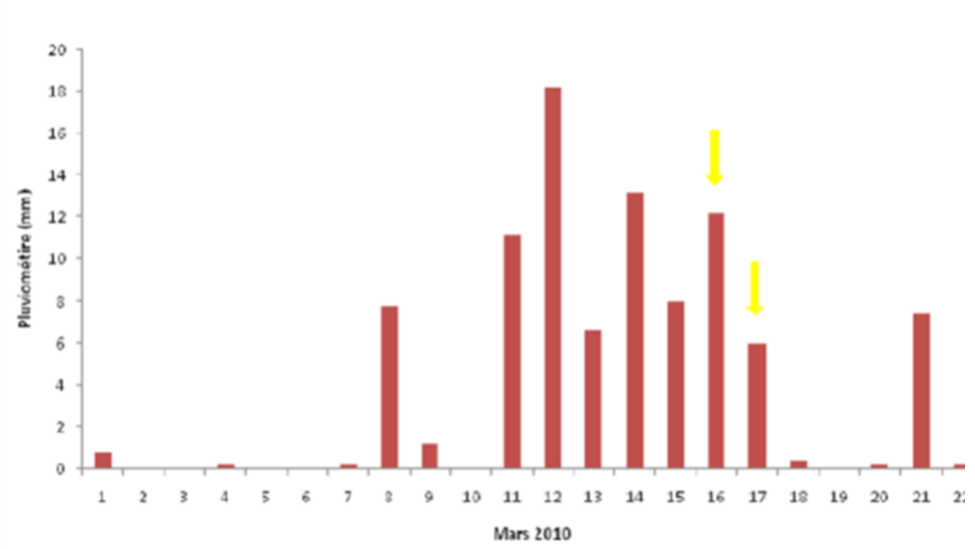


Figure 31 : Concentrations en Nickel (Ni) aux stations caractéristiques des 3 grands domaines : St 09 (centre canal de la Havannah / Zone effluent) ; St06 (Récif côtier de la baie Kwé), et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de MARS_2007_à MARS_2013.

(S : en surface ; M : à mi profondeur ; F : au fond)

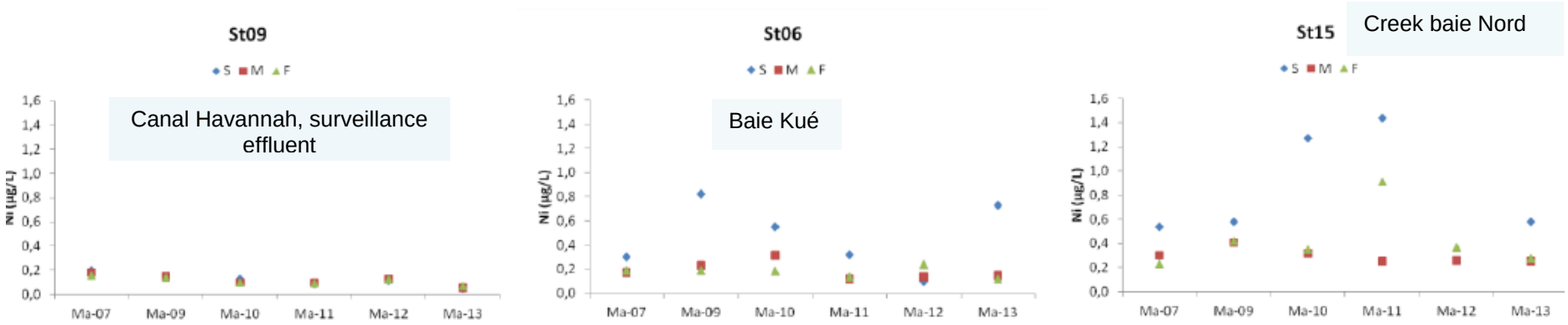
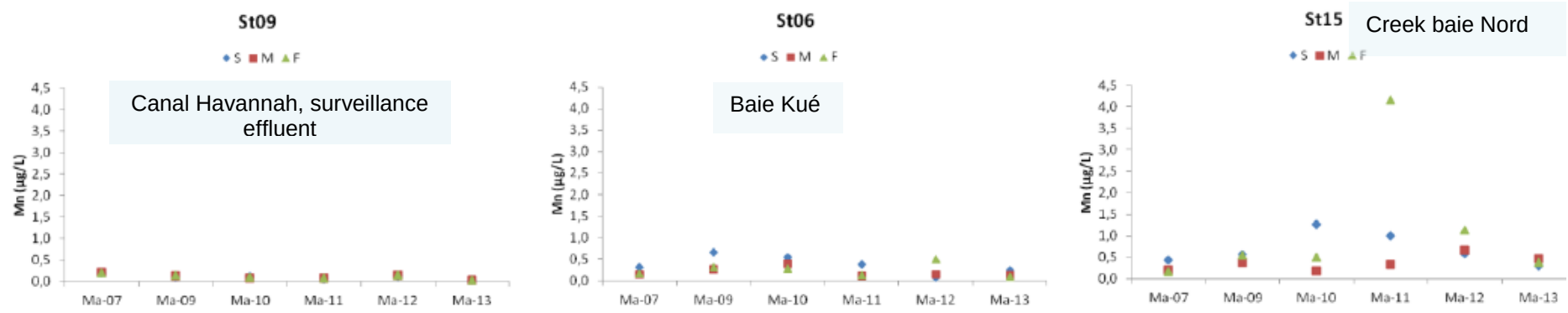
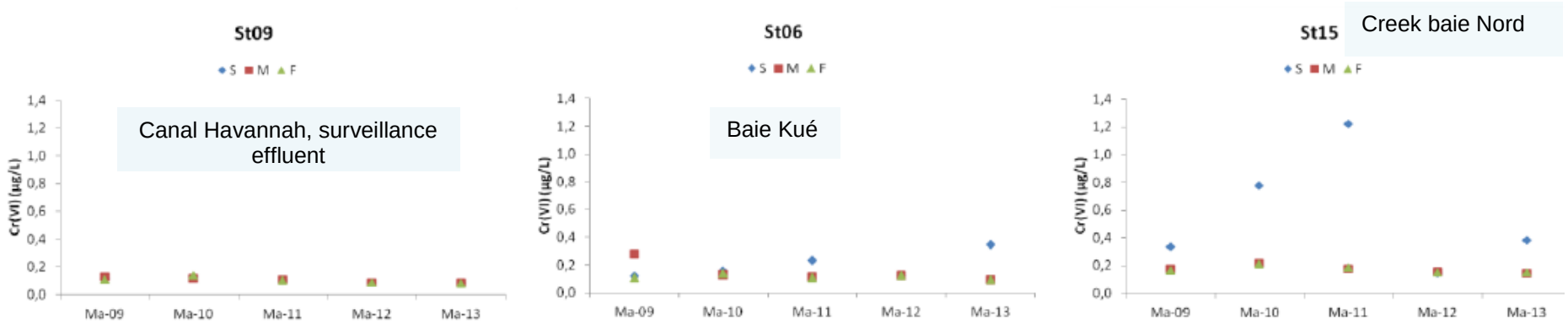


Figure 32: Concentrations en Manganèse (Mn) aux stations caractéristiques des 3 grands domaines : St 09 (centre canal de la Havannah) ; St06 (Récif côtier de la baie Kwé), et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de MARS_2007_à MARS_2013.



Sur St 09 proche du rejet d'effluent le manganèse Mn ne montre aucune tendance à la hausse depuis 2007, même en profondeur

Figure 33: Concentrations en Chrome VI (Cr VI) aux stations caractéristiques des 3 grands domaines : St 09 (centre canal de la Havannah) ; St06 (Récif côtier de la baie Kwé), et St15 (Creek baie nord), durant les campagnes de MARS 2007 à MARS 2013.



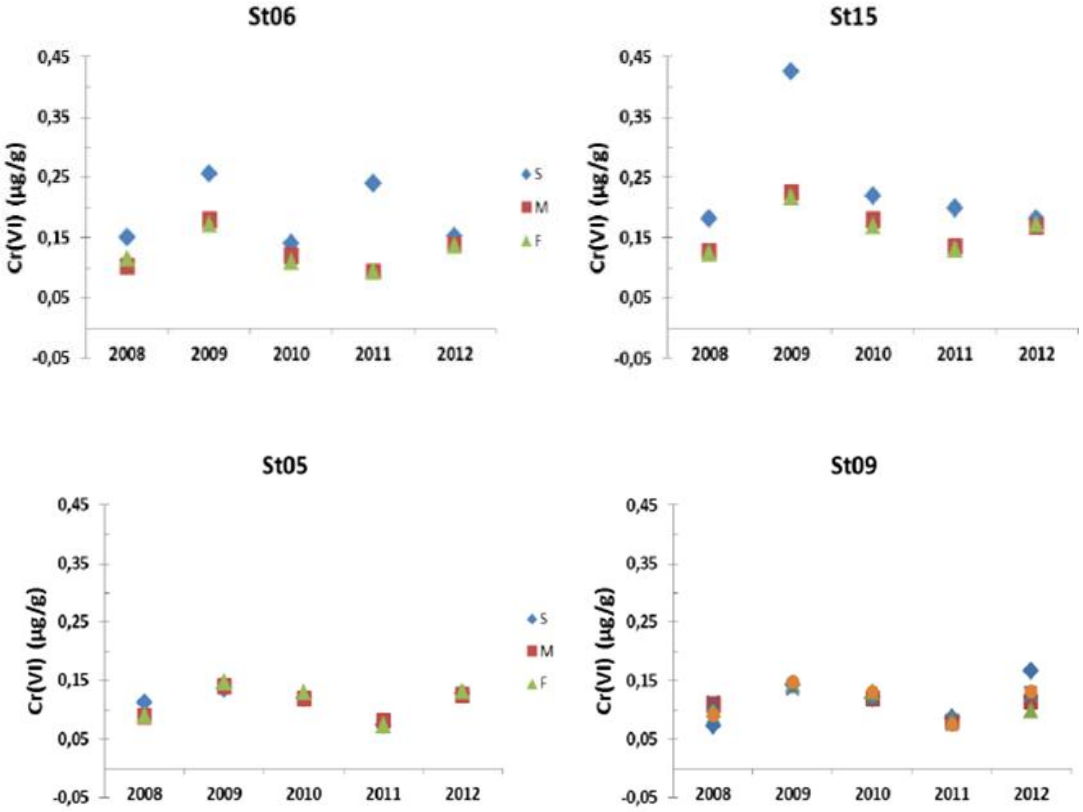
MARS 2012 : Maximum sur St 14 (le port de Goro en baie de Goro) en surface avec 0,26 µg/L +/- 0,005
MAI 2012 : Maximum en baie du Prony avec 0,27 µg/L,
MARS 2013 : Maximum St15 avec 0,38 µg/L
En moyenne : 0,118 µg/L +/- 0,07

Pour rappel :
Le guide ZoNéCo/CNRT donne en guide de lecture pour le Cr VI en Nouvelle-Calédonie :
Milieu non perturbé : Cr VI< 0,25 µg/L, ne pas dépasser 0,60 µg/L

Sur St 09 proche du rejet d'effluent le Cr VI, comme les autres métaux, ne montre aucune tendance à la hausse depuis 2007, même en profondeur

		Cr (VI) (µg/l)					Cr (total) (µg/l)				
		2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
Domaine entier	Min	0,07	0,12	0,11	0,07	0,05	0,10	0,18	0,13	0,12	ND
	Max	0,18	0,43	0,22	0,24	0,27	0,24	0,71	0,25	0,30	ND
	Moy	0,10 ± 0,02	0,20 ± 0,07	0,14 ± 0,03	0,11 ± 0,04	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,32 ± 0,10	0,16 ± 0,03	0,18 ± 0,05	ND
Canal de la Havannah	Min	0,07	0,12	0,12	0,07	0,05	0,10	0,20	0,13	0,12	ND
	Max	0,11	0,18	0,14	0,11	0,17	0,24	0,46	0,18	0,21	ND
	Moy	0,09 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,12 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,29 ± 0,09	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,03	ND
Baie du Prony	Min	0,09	0,19	0,15	0,11	0,12	0,12	0,24	0,17	0,16	ND
	Max	0,18	0,43	0,22	0,21	0,27	0,19	0,71	0,25	0,26	ND
	Moy	0,12 ± 0,02	0,27 ± 0,08	0,18 ± 0,02	0,14 ± 0,03	0,16 ± 0,05	0,15 ± 0,02	0,40 ± 0,12	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,03	ND

ND : Concentrations non déterminées



Les concentrations en Cr(VI) ne sont pas corrélables avec celles des 3 autres métaux.

A l'inverse, la variabilité temporelle des concentrations en Co, Mn et Ni montre qu'il existe une similarité de distribution de ces métaux pour les stations côtières St 15 (Creek baie nord) et St 06(Baie Kwé)

Pour les stations du canal de la Havannah :
Les concentrations en Cr(VI) ne sont pas corrélables avec celles des 3 autres métaux.
Et aussi : les concentrations avec les autres métaux Co, Mn et Ni ne sont pas corrélables dans leur évolution.

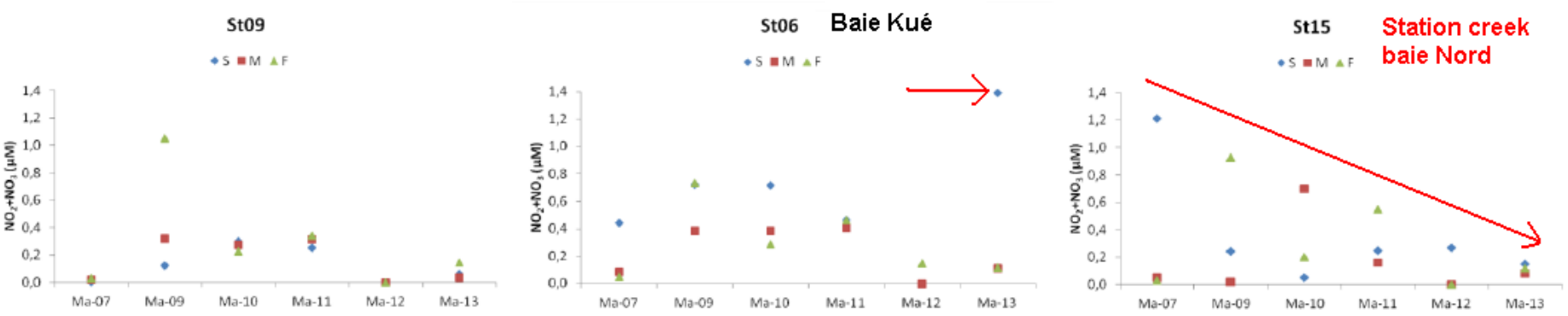
Cela est cohérent avec les modélisations et conclusions précédentes qui indiquent qu'une « barrière hydrodynamique » fait du centre du canal une zone indépendante de la zone côtière Nord, la variabilité des concentrations sut le centre du canal de la Havannah (ST09 et St 05) ne parait pas être en rapport direct avec les fluctuations des apports terrigènes identifiés (via la Baie Kwé : St06); les concentrations mesurées sont donc la combinaison des apports des différentes sources terrigènes et du bruit de fond géochimique existant avec un influence dominante marine.

Figure 34 : Evolution temporelle des concentrations en Cr (VI)

Sur 4 stations sentinelles de la zone d'influence

St06: Baie Kwé
St15: Baie du Prony, Creek Baie Nord
St05: Canal Havannah
St09: Canal de la Havannah (près du diffuseur)

Figure 35: Concentrations de nitrates+nitrites mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).



Conclusion

En ce qui concerne les éléments métalliques, les concentrations ne montrent pas de fluctuations significatives.

Cette constatation est particulièrement avérée aux stations sous influence terrigène (St15 et St06) et pour les éléments comme Co, Cr(VI), Mn et Ni. Les autres éléments (Cu, Zn, Cd et Pb) étant moins représentatifs car en bien moindre teneurs dans les sols latéritiques, la variabilité des concentrations dans l'eau de mer est plus grande ou bien leur présence est indétectable.

La concentration en nitrate et nitrite en baie Kué, en eau de surface, 10 fois plus élevée que lors des missions précédentes, elle est intéressante et sera à suivre, mais comme indiqué, un seul pic sur une mesure ne donne pas une tendance significative.

Les stations proches du diffuseur n'enregistrent pas de modification des paramètres physico-chimiques, ni en surface ni en profondeur.

Au cours de la campagne du second premier 2013, il n'apparait aucune non-conformité aux valeurs attendues, par rapport aux valeurs des états de référence et des campagnes précédentes.

Le rapport intégral et les données brutes se trouvent à l'annexe 2 de ce document.

3.2.2. Suivi des écosystèmes coralliens et des populations associées

L'ensemble des stations été évalué et il n'y a eu aucun manquement à l'égard du suivi réglementaire.

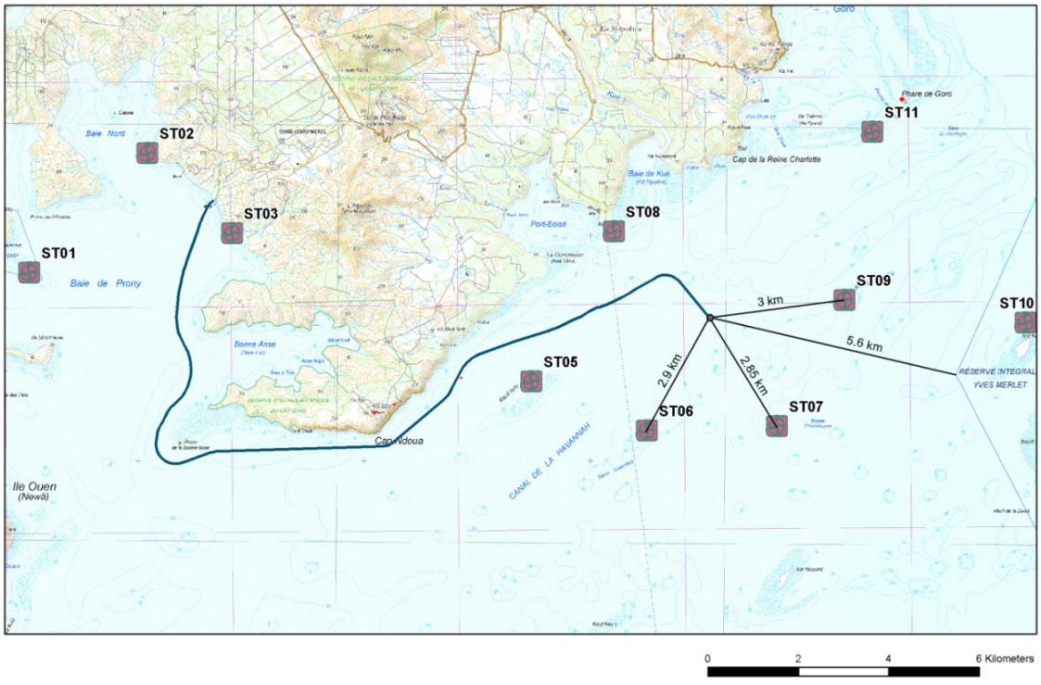
La mission du premier semestre 2013 a eu lieu en avril 2013

Pour 12 stations à évaluer, le temps imparti pour conduire une mission rigoureuse de suivi est de 6 jours au minimum.
En 2013 les conditions météorologiques ont été difficiles et la mission a dû être interrompue. Elle a eu lieu du 02 au 06 avril puis le 20 avril.

Tableau 25 : Caractéristiques et position des stations et de leurs transects et carte associée

Stations	Localisation	Longitude	Latitude	Profondeur des transects (mètres) A	B	C
ST05	Récif Ioro	166°57.507	22°23.072	5	10	20
ST06	Banc Ionontea	166°58.995	22°23.650	9	15	21
ST07	Basse Chambeyron	167°00.671	22°23.591	7	17	22
ST08	Récif Pointe Puka	166°58.566	22°21.243	9	12	_
ST09	Banc de Kié	167°01.529	22°22.070	7	17	20
ST010	Ilot Kié	167°03.862	22°22.324	10	16	21
ST011	Récif Touémo	167°01.875	22°20.046	6	11	20
ST012	Ugo	166°55.625	22°26.438	5	13	-
Stations	**Localisation**	**Longitude**	**Latitude**	**Profondeur des *transects* en m A**	**B**	**C**
ST01	Ilot Casy	166°51.033	22°21.799	7	10	-
ST02	Creek de la baie Nord	166°52.546	22°20.356	10	12	-
ST03	Port de Prony	166°53.639	22°21.312	5	10	13
ST04	Canal Woodin	166°49.593	22°22.933	4	11	21

Suivi Stations Eco Marine



3.2.2.1. Rappels météorologiques

Il convient de se remémorer qu'en janvier 2011 le cyclone *Vania* et de forts épisodes dépressionnaires (dépression *Zelia*) avaient affecté le milieu en laissant des traces significatives sur les écosystèmes notamment les récifs coralliens des *transects* les moins profonds.
En 2013 deux épisodes météorologiques forts (exceptionnels car de récurrence supérieure à 10 ans) ont été subi : le cyclone *Freda* le 2 janvier 2013 et le très fort épisode pluvieux du 2 juillet 2013.

- **En mars 2011** : Un mois après Zélia, il avait été observé des modifications dans la composition des biocénoses benthiques. Des dégradations mécaniques dues au fort hydrodynamisme étaient nettement observées et particulièrement marquées pour les niveaux bathymétriques supérieurs du canal de la Havannah, les plus soumis aux agents dynamiques.
  L'indicateur corallien (fixe et sensible) avait montré une variation par le taux de blanchissement pour les *transects* supérieurs situés à proximité des creeks et des rivières (baie de Prony) et pour les *transects* supérieurs les plus soumis aux agents hydrodynamiques du canal de la Havannah et du canal Woodin. Dans la baie de Prony (milieu protégé), les principales dégradations avaient pour cause une dessalure des eaux de surface causée par les forts apports d'eau douce des épisodes dépressionnaires (confirmation avec les données météo et la pluviométrie), notamment dans la baie du carénage qui est une zone témoins (colonies blanchies encore en place, mortalité importante sur les récifs à proximité des embouchures des creeks et des rivières et sur les *transects* de surface soumis à la dessalure des eaux douce moins denses).
  Les populations de poissons quant à elles n'indiquaient pas un effet du passage de ces dépressions ; densité, biomasse et diversité étaient en augmentation.

- **En octobre 2011 :** 8 mois après Zélia, le blanchissement avait nettement diminué, laissant derrière lui une mortalité réduite et de nombreuses colonies avaient réintégré leurs zooxanthelles. Ce phénomène de résilience rapide est analysé et quantifié dans le rapport fin 2011.
  La couverture de cyanophycées n'avait pas profité de cet affaiblissement corallien.

- **En mars 2012 :** Des signes nets d'amélioration de la santé récifale sont observés: baisse du blanchissement, baisse du recouvrement des cyanobactéries, aucune prolifération des prédateurs « corallivores » et stabilité, voir légère augmentation, de la richesse spécifique corallienne ; la richesse spécifique des biocénoses benthiques s'intègre dans les variables saisonnières.

- **En octobre 2012 :** Désormais, les récifs se stabilisent avec toutefois de nombreuses séquelles. Comme pour la mission de mars 2012, les trois systèmes montrent des signes de résilience récifale surtout les récifs de la baie de Prony et du canal Woodin. Concernant le canal de la Havannah, les signes d'améliorations sont également distincts mais les perturbations ont laissé de profonds stigmates.
  La réponse de l'état de santé des colonies coralliennes aux perturbations est décalée entre les trois systèmes. Lors des évènements dépressionnaires (début 2011), les colonies coralliennes de Prony et du canal Woodin ont été perturbées sur une plus longue période de temps (apports d'eau douce) mais avec un stress beaucoup moins brutal que la destruction mécanique induite par les agents hydrodynamiques dans le canal de la Havannah. Par la suite les conditions environnementale sont redevenues à la normale pour les trois systèmes mais dans le canal de la Havannah les débris coralliens ont continué progressivement à dévaler la pente récifale au gré de la houle et du ressac. Ces perturbations ont induit une nouvelle phase de dégradation (plus faible que la précédente) avec les réactions en chaine. La résilience des colonies du canal de la Havannah est depuis mars 2012 plus difficile que les deux autres systèmes (Prony et canal Woodin

  Suite à un évènement d'une ampleur exceptionnelle tel qu'un cyclone, les inventaires spécifiques montrent que la recolonisation se fait dans le semestre suivant pour les biocénoses benthiques, par contre l'édification corallienne est plus lente.

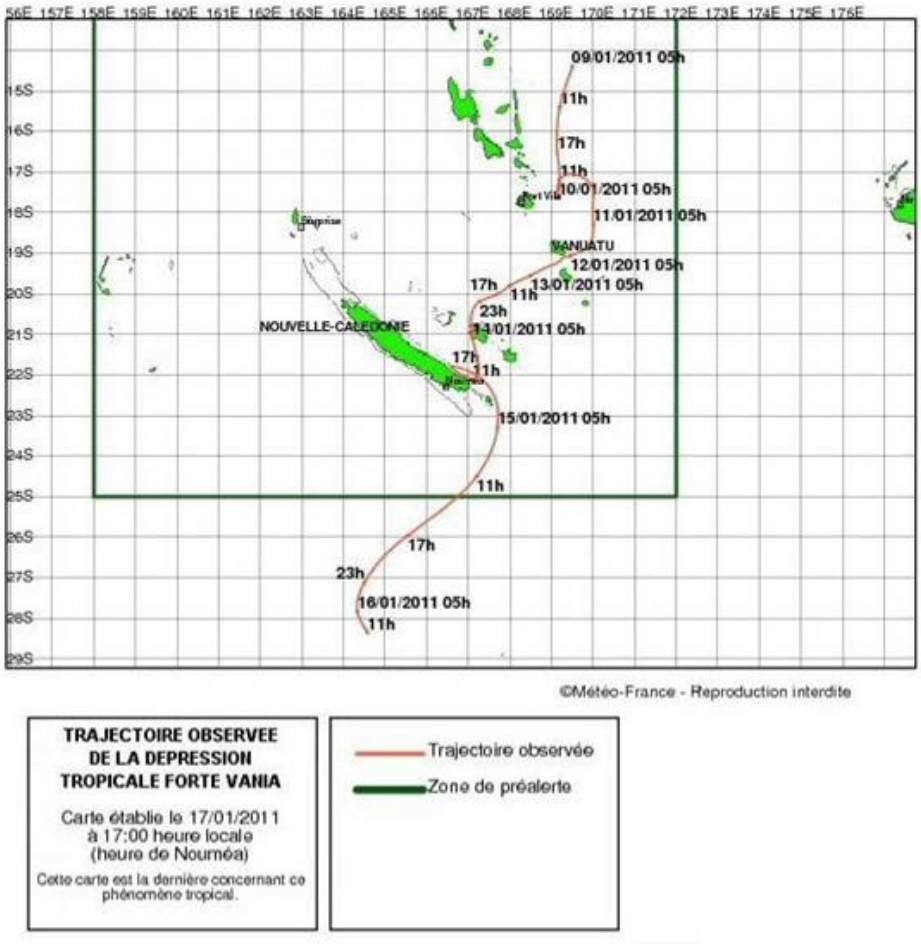
- **La dépression Freda du 2 janvier 2013** a entrainé une pluviométrie quasi égale à celle de Vania / 2011 mais des vents de moindre force, le suivi du premier semestre 2013 enregistre ses conséquences. (Remarque : Une mission spéciale a été conduite en baie du Prony pour mieux

suivre l'impact et la résilience des coraux inféodés aux hydro- régions de fonds de baie et qui subissent de forts apports d'eau douce et de sédiments, il s' agit du 6 me suivi de ce type en baie du Prony).

- **La pluviométrie et les inondations exceptionnelles du 2 et 3 juillet 2013** ne montreront pas leurs conséquences dans ce rapport du premier semestre 2013 car la mission de suivi leurs est antérieure ; les conséquences de ce second choc météorologique 2013 sur ces 14 stations seront détaillées dans le rapport de fin d'année 2013. (Remarque : une mission spéciale a été conduite pour mieux analyser l'impact des apports d'eau douce chargée en sédiments en zones côtières).

Un chapitre spécifique dédié aux conséquences des deux évènements météorologiques intenses du premier semestre 2013 est présenté dans ce rapport : Chapitre 3.2.7

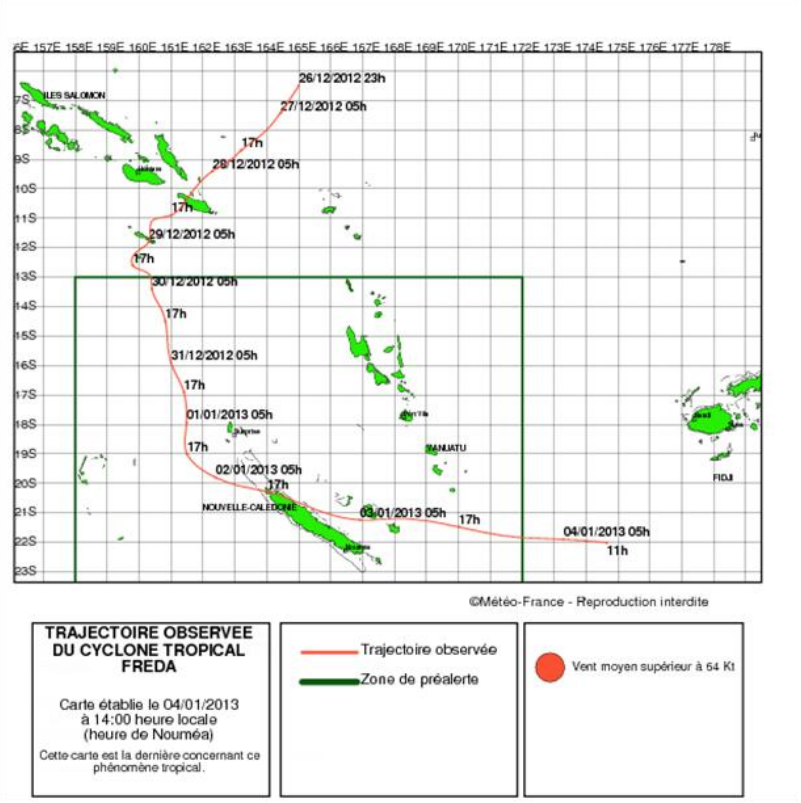
Ci-dessous : La trajectoire observée de la dépression tropicale forte VANIA du 16 janvier 2011



Cyclone VANIA

- **Vents instantanés max : 151.9 km/h (le 14 janvier 2011 entre 3h00 et 4h00)**
- **Pluies : 450.6mm en 24 h sur la mine.**

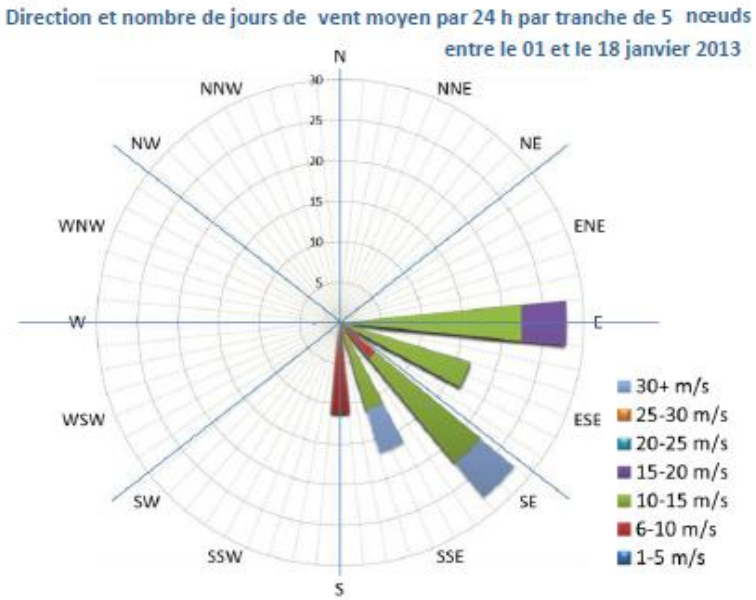
Ci-dessous la trajectoire de la dépression tropicale modérée FREDA qui a touché la Nouvelle Calédonie le 2 et 3 janvier 2013.



Dépression cyclonique FREDA 2013:

- **Vents instantanés max : 121.3 km/h (le 3 entre 23h00 et 00h00) sur l'usine « Pilote » sur site.**
- **Particularité : Vents de secteur S > 25 nœuds**
- **Pluies : 438.4 mm en 24 h sont enregistrés à l'usine.**

Nous pouvons considérer d'après les observations que les pluies de Freda sont homogène sur Goro et qu'il n'y a pas de différence statistique marquée entre l'usine et la mine.



Episode pluvieux exceptionnel de 2 et 3 juillet 2013 :

- **Pluies : maximum de 540 mm / 24 h sur la plaine des lacs.**
- **Sur le plateau de la mine Goro 470mm/24 h et 103mm/1 h**

http://www.meteo.nc/actualites/364-episode-pluvieux-debut-juillet-2013

…. **Jusqu'à 714 mm en 24 heures ! D'après nos estimations statistiques, il semblerait que la durée de retour de tels cumuls soit supérieure à 40 ans. Cette valeur détrône le précédent record de précipitations mesurées sur 24 heures pour une station automatique établie le 21/06/1975 à Poindimié.**

Elle surpasse également la valeur de pluie estimée à Ouinné lors du passage du cyclone GYAN en décembre 1981, environ 630 mm.



Site Meteo France

Ce bilan du chapitre présente un état des lieux des stations en avril 2013, les données quantifiées sont dans le rapport intégral en annexe de ce document.
L'évolution spatiale et surtout temporelle depuis 2007 est présentée au chapitre qui lui est dédié.
L'évolution du blanchissement corallien et de la couverture algale y seront présentées en suppléments des indicateurs de suivis réglementaires.

3.2.2.2. Bilan des observations par station suivie (au premier semestre 2013)

La baie du Prony

- **La station ST01 (Casy Sud)** : le recouvrement corallien est toujours faible et le sable est dominant. Avec seulement 2% de corail et 85% de sable, donc en grande majorité abiotique, le transect B de cette station a une faible valeur d'indicateur.
- Recouvrement important de l'algue brune du genre *Lobophora* (potentiellement envahissante) qui est toujours surveillée. (Cf. chapitre et rapport dédié aux algues et à leurs variations saisonnières et temporelles).
- Hyper sédimentation avec une la faune et une flore qui sont adaptées à cette contrainte comme dans toute la baie du Prony.
- 82 espèces coralliennes recensées (même si en faible % de recouvrement de la zone)
- Le suivi de la croissance d'une colonie corallienne géo référencée se poursuit. (2, 5 cm / 6mois, cf. chapitre dédié)
- Présence de la maladie de la bande blanche sur des colonies d'Acropora tabulaire au transect A
- Recouvrement relativement important de cyanobactéries au transect A. Elles colonisent des débris coralliens.
- Poissons : densité de 1.09 poissons/m² pour une biomasse de 26.75 g/m².
- Nombreux juvéniles (liste exhaustive dans le rapport en annexe) La progression observée en octobre 2012 se poursuit. La station abrite deux familles supplémentaires dont une espèce de *Pseudochromidae* et le nombre d'espèces de *Chaetodon*s est au plus élevé.

- **La station ST02 (Creek Baie Nord) présente la richesse spécifique corallienne la plus importante des stations de la baie de Prony** (120 espèces coralliennes dont 114 espèces de scléractiniaires). Seule une étude attentive et rigoureuse des coraux permet de déceler cette biodiversité; la particularité de ces espèces est l'adaptation des espèces coralliennes aux conditions de sédimentation et de turbidité des fonds de baie.
- Absence de de *Culcita novaeguineae* (étoile de mer qui peut consommer du corail, parfois un individu recensé sur cette station, notamment en S2/ 2012) ;
- Absence de cyanobactéries sur cette station.
- Présence d'un spécimen de Charonia tritonis (toutoute)
- L'algue brune *Lobophora variegata* reste stable
- Tendance à l'envasement
- Densité de 1.91 poissons/m² pour une biomasse de 45.07 g/m².
- Si l'on s'en tient au peuplement de poissons vu sur les transects et en liste restreinte, la biodiversité semble très faible. La prise en considération de la liste complète montre au contraire un peuplement exceptionnel en biodiversité.
- Tendance à la sédimentation renforcée

- **La station ST03 à l'Est du port de Prony** montre une originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide (100 espèces) et une hyper sédimentation.
- Le recouvrement en algues brunes (*Lobophora variegata*) est toujours aussi important ;
- La mortalité corallienne est induite par l'apport d'eau douce au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation en profondeur ;
- Présence de *Culcita novaeguineae.*
- Densité de 0.28 poisson/m² pour une biomasse de 1.14 g/m². tous et sans exception des juvéniles

En baie du Prony de façon globale

- Pas de prolifération de cyanophycées ni de bloom algal suite au cyclone FREDA (janv. 2013) mais les cyanobactéries sont présentes. SAUF sur la station Creek baie Nord qui n'en présente pas.
- Pas d'Acanthaster (étoile de mer dévoreuse du corail) ni d'espèces corallivores
- Augmentation de la sédimentation

- **Variation importante de la diversité et de l'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes et nudibranches). Le passage de Freda et la mortalité d'Invertébrés en fonds de baie dans la zone peu profonde, suite à la dessalure conjuguée aux vents de secteur Sud a laissé sa trace (cf. chapitre 3.2.7. dédié à cet évènement). Cependant, sur les stations suivies le *transect* dit « de surface » est déjà assez profond pour ne n'a pas été affecté par la mortalité des espèces enregistrée en fond de baie par moins de 3 m d'eau.**

- La maladie de la bande blanche des coraux est constatée (comme sur la plupart des zones du lagon calédonien, à dire d'expert)

- **A ce jour aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie**

- 6 missions d'évaluation spécifique de la baie du Prony, suite aux fortes arrivées d'eau douce lors des dépressions, ont été menées sur des stations situées jusqu'en baie du Carénage, (station témoin). Le bilan sur le blanchissement corallien est donné dans le chapitre 3.2.2.4 qui présente d'évolution des stations de la baie au fil des missions.

Le manque d'informations sur la zone intertidale, du aux stations réglementaires telles qu'imposées par le plan de suivi réglementaire, a ainsi été renforcé par Vale NC.

Figure 36 : Rappel des stations et des distances



Stations du canal de la Havannah

Le degré d'exposition des habitats à l'hydrodynamisme conduit à distinguer les milieux de mode battu du mode calme. L'agitation de l'eau crée des forces variant en fonction de son intensité (courants de marées, de houle et ressac). De ce fait, les organismes sont sélectionnés sur les récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin par leur capacité à résister aux forces d'arrachement. (Tandis qu'en baie du Prony très calme, ils sont sélectionnés pour leur capacité à résister ou répondre à l'envasement).

Les dégradations sont importantes pour les récifs exposés aux agents hydrodynamiques, la dégradation est tout d' abord en surface puis elle se propage plus en profondeur par éboulis consécutifs. Si les récifs sont régulièrement soumis à un fort ressac, à la houle et aux courants de marée, alors les espèces sont adaptées et résistent mieux aux perturbations dépressionnaires (c'est le cas de la station sur **le banc Kié ST09** qui est exceptionnelle par la force hydrodynamique qui façonne son écosystème).

- **La station en réserve Merlet (ST10 îlot Kié)** reste exceptionnelle à tout point de vue des indicateurs
  - La maladie de la bande blanche qui affecte les coraux a été signalée en réserve Merlet depuis deux ans et demi (et ailleurs en Nouvelle-Calédonie) mais ce sont les suivis très attentifs du lagon, renforcés au niveau du corail depuis quelques années, qui ont permis de mieux appréhender les maladies du corail qui existaient certainement, avant qu'on les surveille.
  - Recrutement corallien important, récif en régénération après Freda
  - Pas de cyanobactéries (pour cette mission)
  - Richesse remarquable, comme sur le banc Ionontea, d'un point de vue ichytofaune

- **La station ST08 (Puka)** est dégradée depuis la mission de mars 2011 (tempête tropicale Vania). De plus, de nombreuses colonies montrent les signes distinctifs de maladies (bandes blanches) et anomalies de croissance, elle ne « récupère » pas comme les autres stations.
  - Mortalité de coraux tabulaires retournés et nombreux débris coralliens dus à des forces hydrodynamiques, cette affectation due aux dépressions cycloniques est normale
  - Développement des spongiaires (Cliona)
  - Développement de turf algal et de cyanobactéries (sans bloom mais à surveiller)
  - Pour les poissons sur ST08 / Puka (avril 2013) : l'ensemble des *transects* montre 155 individus appartenant à 26 espèces différentes. Ils représentent une densité de 0.68 poissons/m² pour une biomasse de 27.28 g/m². Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires, cependant l'expert analyse de plus près la population de ST08 et indique que cette station est atypique dans le canal de la Havannah, elle présente des valeurs de densité et de biomasse faibles. La diversité est moyenne. C'est une station à faible richesse où la densité et la biomasse sont susceptibles de variations de près de 150 %.
  - Un plan d'évaluation rapprochée et approfondie est en cours pour ST08.

- **Les stations au plus proche du diffuseur dans le canal de la Havannah :** ST 05, ST 06, ST 07, et ST 09 : ne présentent aucune non-conformité à l' égard des 9 suivis précédents. Le cyclone Freda a laissé ses traces et des effondrements sont observés, les blocs dévalent les pentes et affectent les zones inférieures par la suite, avec un recrutement corallien et une régénérescence en route.
  - La maladie de la bande blanche sur les coraux est détectée, comme partout ailleurs.
  - Les cyanobactéries sont présentes (mais sans bloom)
  - Pas d'attaque d'étoiles de mer dévoreuses du corail
  - Mobilité bathymétrique des échinodermes
  - *Transects* inférieures souvent peu représentatifs
  - Bonne santé et richesse en ichtyofaune, surtout du banc Ionotea qui rivalise avec la réserve Merlet

- **La station ST06 d'Ionontea :** la plus proche du diffuseur et dans la direction de la diffusion par marée montante, elle rivalise avec la réserve Merlet pour ses indices « poissons » très importants,
  Elle est sur le récif corallien le plus proche du diffuseur ce qui n'est pas affectant ni décelable.

- **Aucune espèce exogène n'a été observée**

Autres stations et stations témoins

- **La station UGO (ST11**) : comme sur les autres stations du canal le cyclone Freda a laissé ses traces par des débris coralliens qui dévalent des pentes
- Blanchissement corallien et maladie de la bande blanche sur quelques colonies
- Variations d'abondance des mollusques et des équinodermes, ils migrent vers les effondrements par exemple.
- Cyanobactéries
- D'un point de vue ichtyologique cette station ne peut pas rivaliser avec la richesse de la réserve Merlet et du banc Ionotea mais son indice annuel « poissons » a augmenté

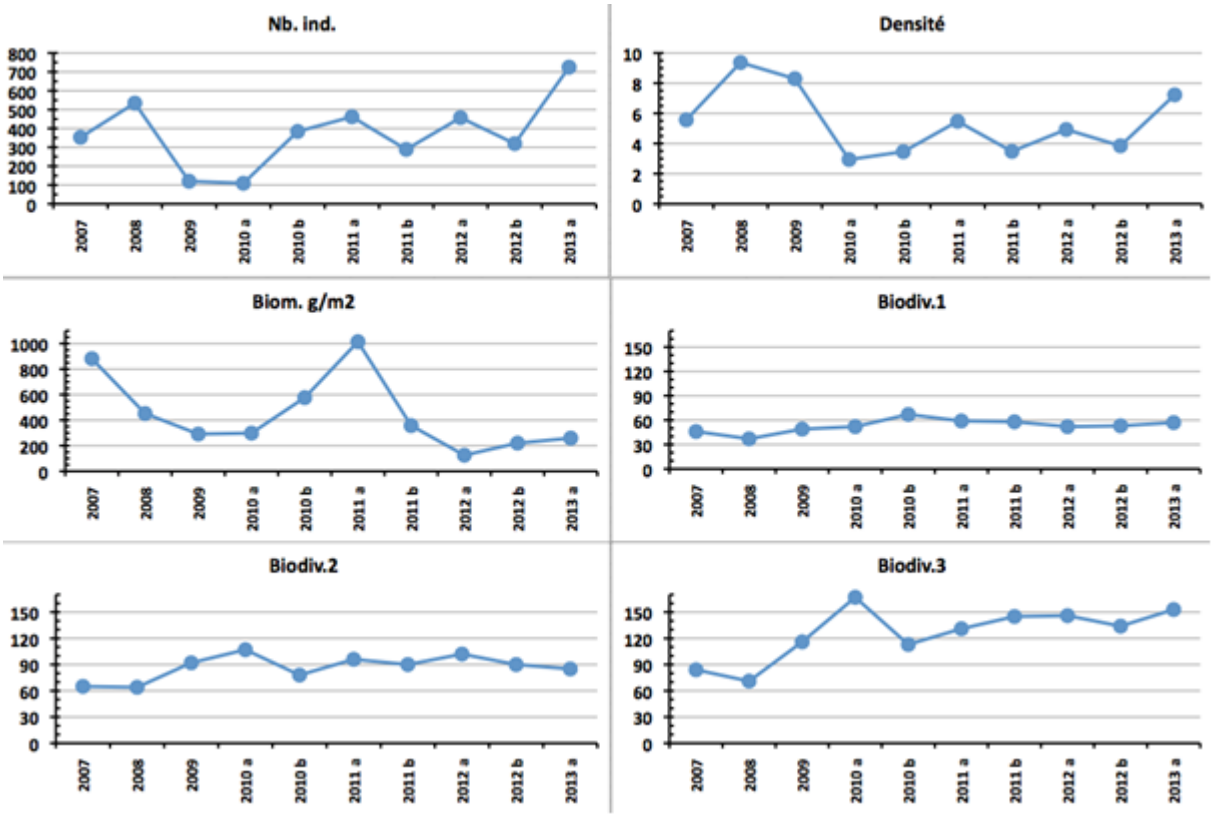
- **La station Toémo (ST11) :** les conditions hydrodynamiques y sont soutenues, comme sur le banc Kié, elle est proche de la passe de Goro. Les cyclones l'affectent « de plein fouet »
- Comme les autres stations, elle montre la maladie de la bande blanche, des cyanobactéries, pas d'étoiles de mer ou de corallivores, une variation des populations de mollusques et échinodermes, un *transect* inférieur qui récolte les débris d'effondrement…
- Au niveau des poissons elle est stable

- **La station du canal Woodin (ST04) :** Mêmes remarques : effondrements coralliens dus au fort hydrodynamisme renforcé par Freda, blanchissement corallien et maladie de la bande blanche sur quelques colonies,
- Absence de cyanobactéries, cette station est la seule à n'en avoir jamais montré.
- De bons indices poissons

Les 12 stations sont décrites transect par transect dans le rapport intégral en annexe de ce bilan semestriel.
Une moyenne globalisant les transects d'une même station ne doit pas être effectuée car ils ne sont pas des duplicats l'un de l'autre.

Le cas exceptionnel de la station ST10 îlot Kié (en réserve Merlet)

- La richesse spécifique et le recouvrement des coraux sont très élevés (99% et 97,5% de biotique pour les *transects* A et B) mais le *transect* inférieur est surtout sableux et d'un intérêt moindre.
- La richesse spécifique des coraux est la plus importante parmi toutes les stations étudiées dans le suivi biologique avec 142 espèces coralliennes (dont 133 espèces de scléractiniaires)
- Les dégradations des communautés benthiques sont visibles sur l'ensemble de la station suite aux évènements dépressionnaires précédents.
- Le blanchissement corallien affecte 21/133 espèces de scléractiniaires (15,8%).
- Le blanchissement visuel moyen est de 0,967% de la surface totale observée.
- Présence de la maladie de la bande blanche sur quelques colonies d'Acropora tabulaires, *Pavona duerdeni* aux transects A&B
- Présence de cyanobactéries mais développement faible et stable comme les années précédentes
- L'étoile de mer *Acanthaster planci* (étoile ravageuse du corail) répertoriée en 2012 n'est plus visible et il n'y a pas d'impact du à cette étoile de mer
- **Pour les poissons : Sur l'ensemble des transects de la station, 2 175 individus appartenant à 57 espèces différentes (chiffre le plus important de toutes les stations) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 7.23 poissons/m² pour une biomasse de 259.09 g/m².**
- La liste exhaustive des poissons est communiquée depuis 2007 et 153 espèces supplémentaires de poissons ont été inventoriées (hors liste restreinte).



Abondance : nombre d'individus par transect selon la liste réglementaire restreinte
Densité : en poissons /m2 par transect selon la liste restreinte
Biomasse : en grammes /m2 par transect et selon la liste restreinte
Biodiversité 1 : espèces observées sur les transects et selon la liste réglementaire restreinte.
Biodiversité 2 : espèces observées sur la station entière et selon la liste réglementaire restreinte
Biodiversité 3 : toutes les espèces observées sur le station et selon la liste exhaustive depuis 200

Le tableau suivant présente les « indicateurs poissons » sur liste restreinte (densité, biomasse, et biodiversité 1 sur liste restreinte, + la biodiversité des poissons observés sur liste exhaustive) en réserve Merlet, station extrêmement importante, et l'évolution de ces indicateurs depuis 2007. Un tel tableau synthétique avec les courbes d'évolution associées est disponible pour chacune des stations dans le rapport intégral.

Tableau 26 : et graphes associés : récapitulation des données ichtyologiques sur la station ST10 en réserve Merlet, (depuis 2007).

Ilot Kié ST10		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	1774,00	17,10	240,99	33		
	Transect B	248,00	2,83	161,58	25		
	Transect C	153,00	1,75	374,71	21		
	Moy. ABC	725,00	7,23	259,09	57	85	153
2012 b	Moy. ABC	319,70	3,90	220,10	53	90	134
2012 a	Moy. ABC	457,00	4,93	125,40	52	102	146
2011 b	Moy. ABC	289,00	3,48	357,27	58	90	145
2011 a	Moy. ABC	461,67	5,47	1014,91	59	96	131
2010 b	Moy. ABC	384	3,46	576,45	67	78	113
2010 a	Moy. ABC	109,33	2,94	298,40	52	107	167
2009	Moy. ABC	120,00	8,30	291,10	49	92	116
2008	Moy. ABC	534,33	9,37	451,97	37	64	71
2007[2]	Moy. ABC	353,00	5,57	881,82	46	65	84

Abondance : nombre d'individus par transect selon la liste réglementaire restreinte
Densité : en poissons /m^2 par transect selon la liste restreinte
Biomasse : en grammes /m^2 par transect et selon la liste restreinte
Biodiversité 1 : espèces observées sur les transects et selon la liste réglementaire restreinte.
Biodiversité 2 : espèces observées sur la station entière et selon la liste réglementaire restreinte
Biodiversité 3 : toutes les espèces observées sur la station et selon la liste exhaustive depuis 2007

Les figures suivantes présentent l'évolution des indicateurs « poissons » sur la station ST10, le rapport intégral (en annexe) montre ces évolutions pour chacun des 12 stations.

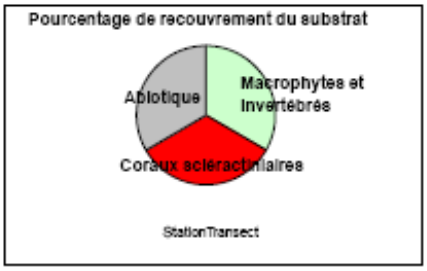
[2] Les données 2007 ont été reprises en éliminant les espèces qui ne figurent pas sur cette liste car le rapport 2007 ne tient pas compte de la liste DENV sur le TLV.

3.2.2.3. Comparaisons spatiales entre stations

De façon synthétique, il est possible de présenter les résultats de la mission de suivi du mois d'avril 2013 sur des cartes à vocation de **présentation synoptique** (sujettes à évoluer selon les besoins). Un exemple est donné ci-après.

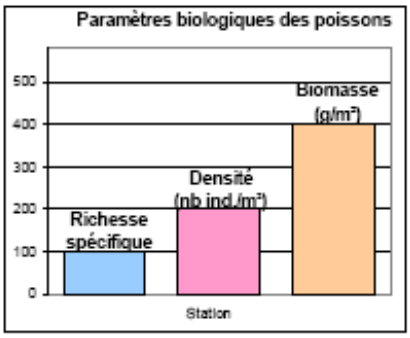
Ces représentations sont données dans le rapport intégral

Figure 37: Représentation cartographique – légende



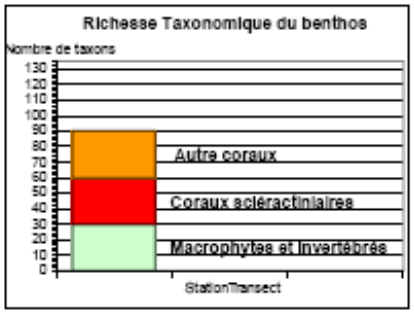
La légende de cette carte indique :

Le SUBSTRAT : camembert présentant le pourcentage
- Abiotique (en gris) du LIT sur chaque *transect* et à chaque station ;
- le pourcentage de coraux durs (Scléractiniaires) en rouge
- et les Macrophytes (algues) et Invertébrés.



Les POISSONS : histogramme présentant :
- la richesse spécifique,
- la densité et
- la biomasse

Sur liste restreintes règlementaires et par station.



Le BENTHOS : en nombre de taxons par couloir d'inventaire sur chaque *transect* de chaque station avec :
- les coraux durs (Scléractiniaires) en rouge,
- les autres coraux et les
- Macrophytes (algues) + autres invertébrés.

Figure 38 : Résultats de la campagne de suivi, avril 2013 (Baie de Prony : ST01, ST02 et ST03)

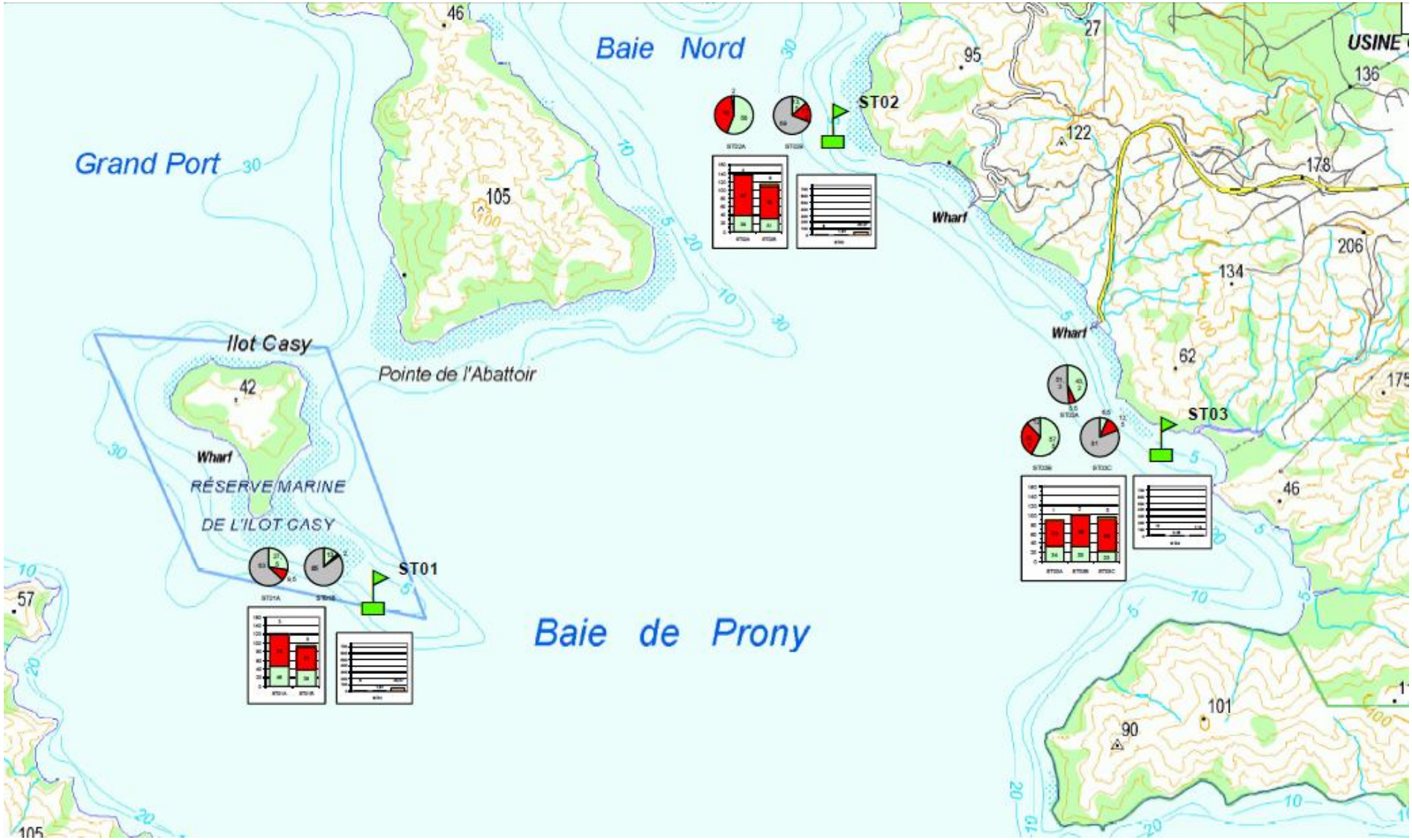


Figure 39: Résultats de la campagne de suivi, avril 2013 (Canal de la Havannah)

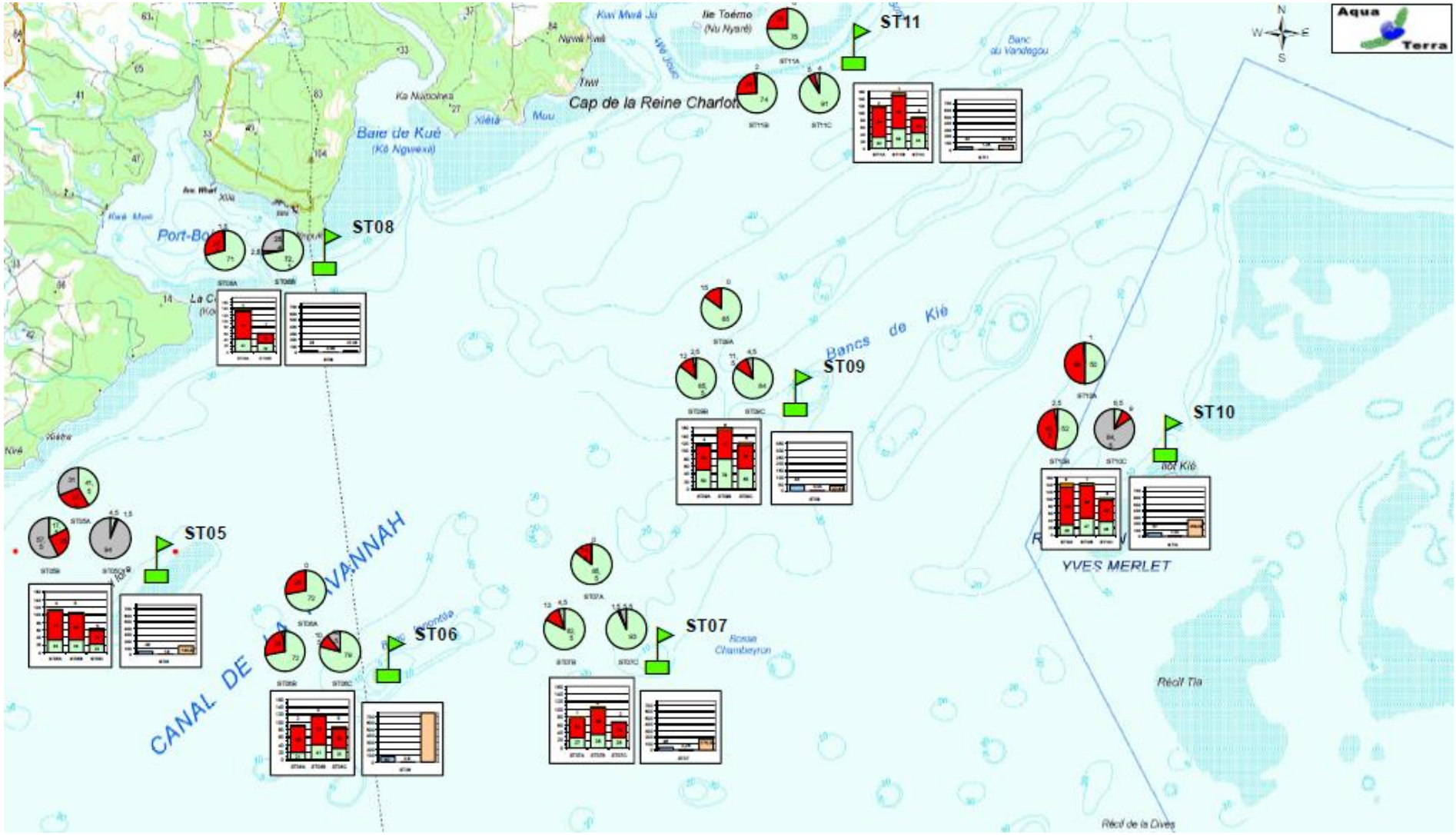
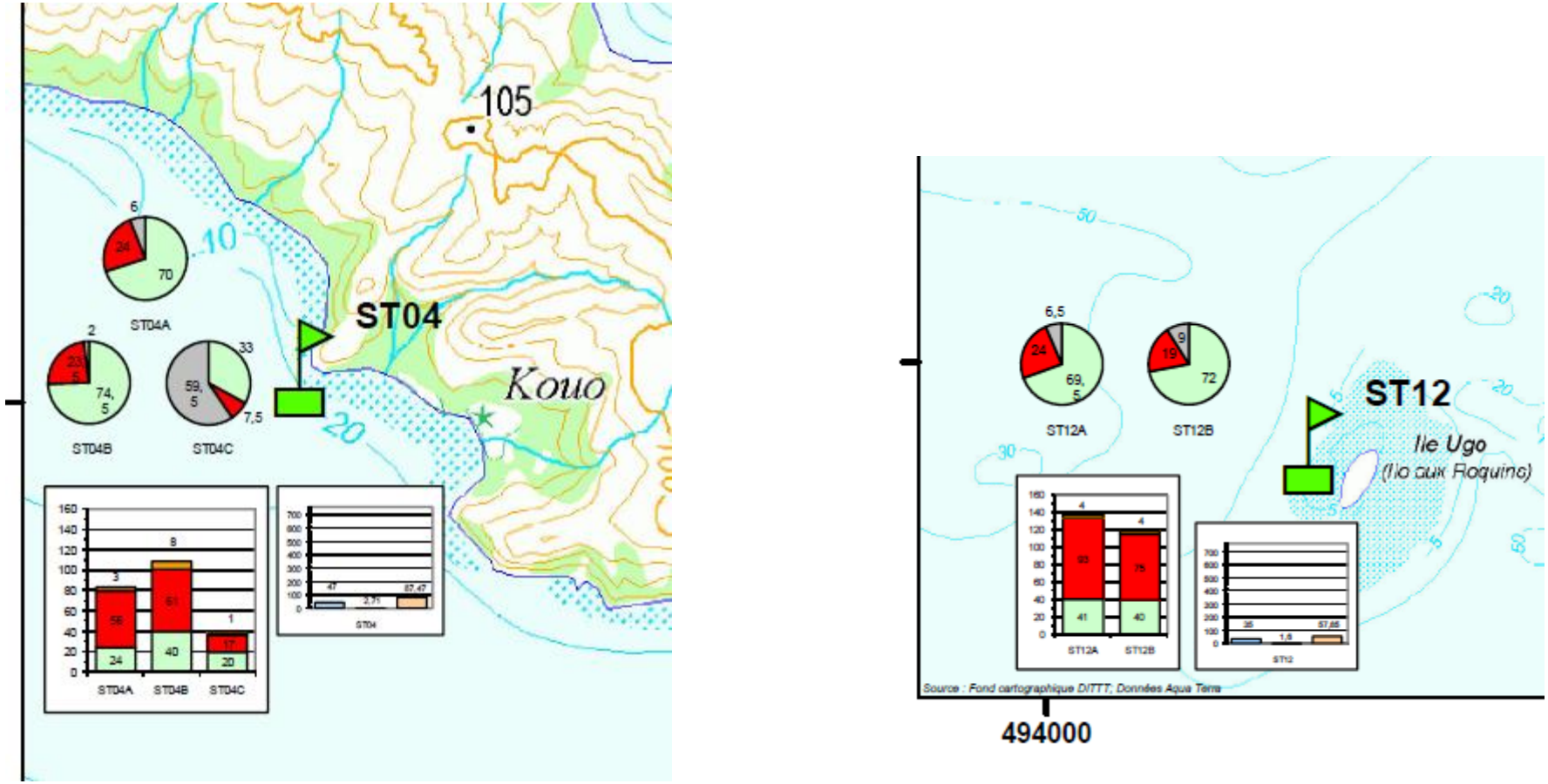


Figure 40 : Les stations excentrées : canal Woodin et Ugo

Avril 2013



Les figures suivantes comparent les stations entre elles en ce qui concernent :

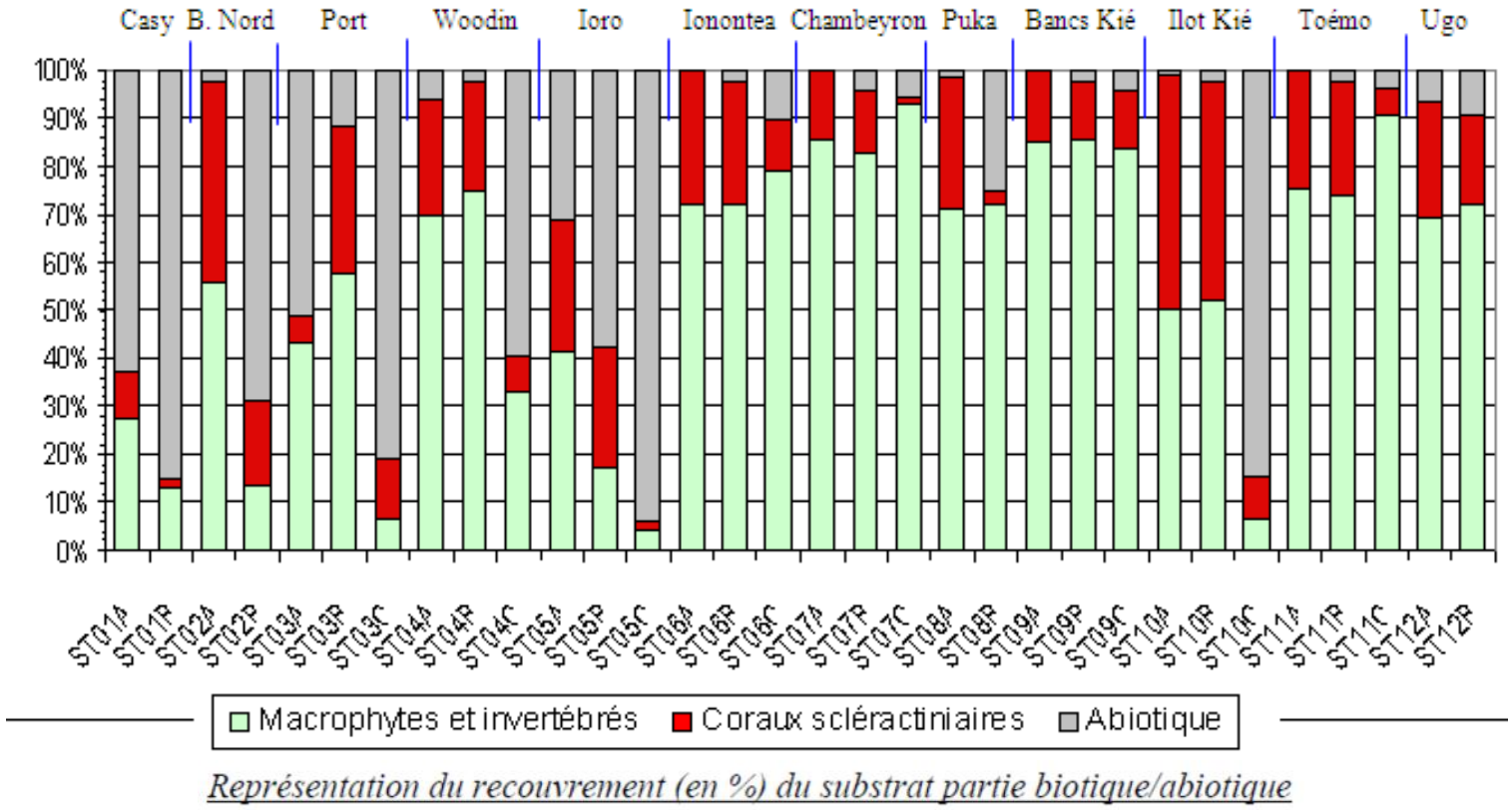
- **1)-le substrat (sur transects fixes LIT)**
- **2)-le benthos (sur couloirs fixes) et**
- **3)-les poissons (selon la liste restreinte imposée**

Figure 41 : SUBSTRAT

Comparaison entre stations pour le substrat, MARS 2013

Recouvrement en % du substrat sur chaque *transect* LIT en considérant des compartiments clefs : biotique et abiotique

La partie biotique est divisée en deux groupes : les coraux scléractiniaires et le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »)



Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

Les stations situées en baie de Prony et canal Woodin ont globalement un substrat à majorité abiotique (à l'exception notable du *transect* supérieur ST02A du Creek de la Baie Nord exceptionnellement intéressant et qui présente la plus grande diversité corallienne de toute la zone étudiée) .

Les stations (et les *transects* dans chaque station) dans le canal de la Havannah sont très diversifiées, avec une dominance du substrat biotique (excepté pour la station ST05C qui est installée sur une pente sédimentaire composée principalement de sable coquillé et pour les *transects* ST08B et ST10C qui sont positionnés en bas de tombants récifaux sur le début de la pente sédimentaire).
Malgré cela, l'abiotique représente moins de 20% en moyenne du recouvrement global en canal de la Havannah.

Tous les *transects* les plus profonds ont un taux de recouvrement biotique significativement plus bas que sur les *transects* supérieurs. Certains transects majoritairement abiotiques continuent à être suivis car réglementairement imposés mais leur valeur indicatrice est faible (ST01B ; ST05C ; ST10C

Figure 42: BENTHOS:

Comparaisons entre stations pour le benthos, Octobre 2012

3 grands groupes :

- les coraux Scléractiniaires, (corail dur)
- les autres coraux,
- le reste des organismes vivants, sous l'appellation : macrophytes et invertébrés .

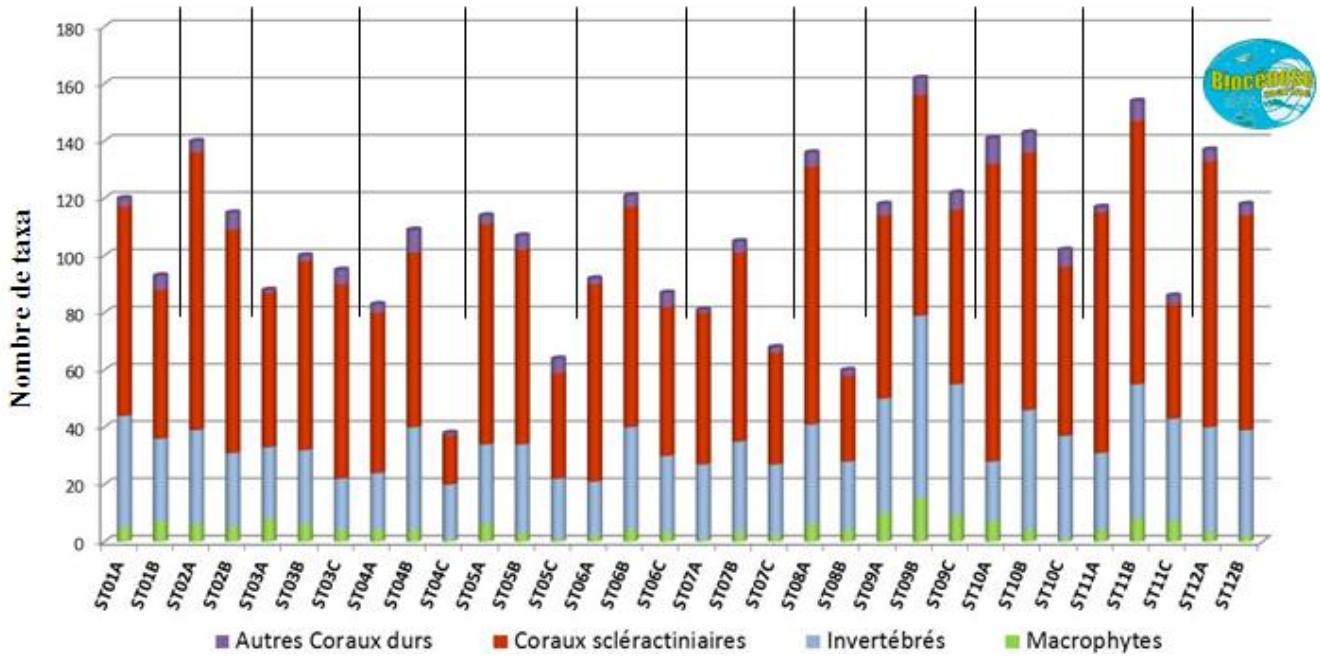


Figure 43: Détails au niveau des coraux : familles selon les stations

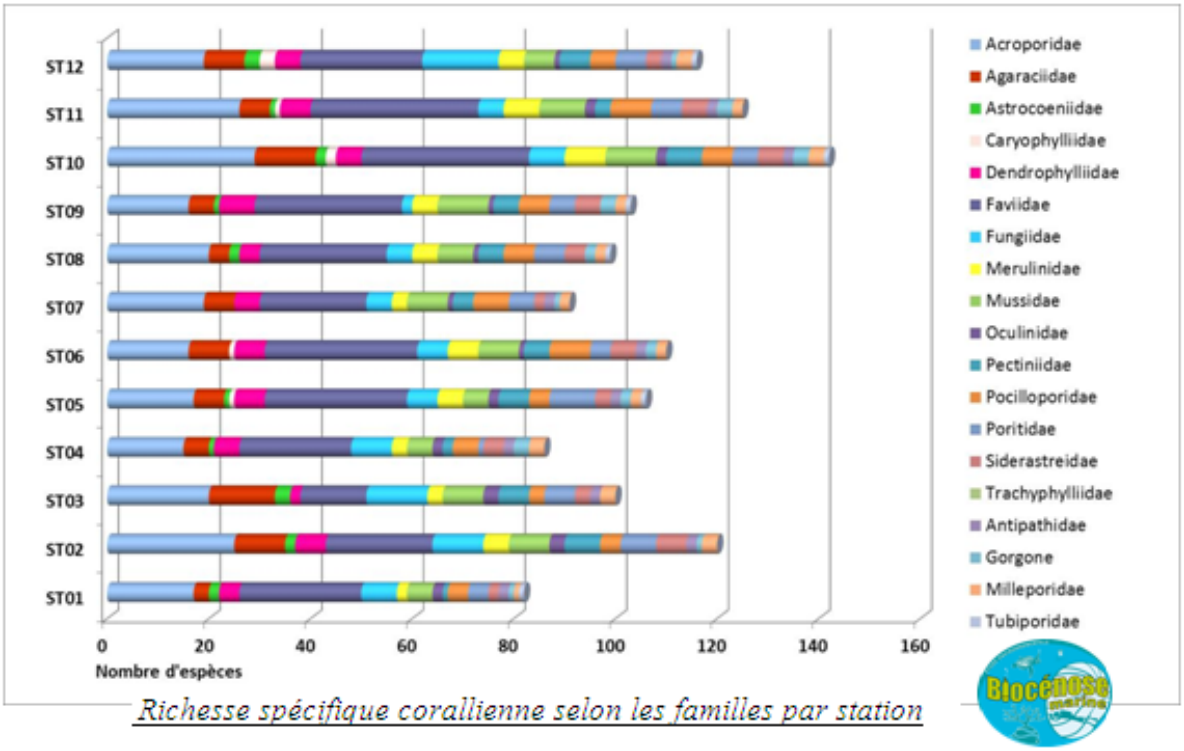
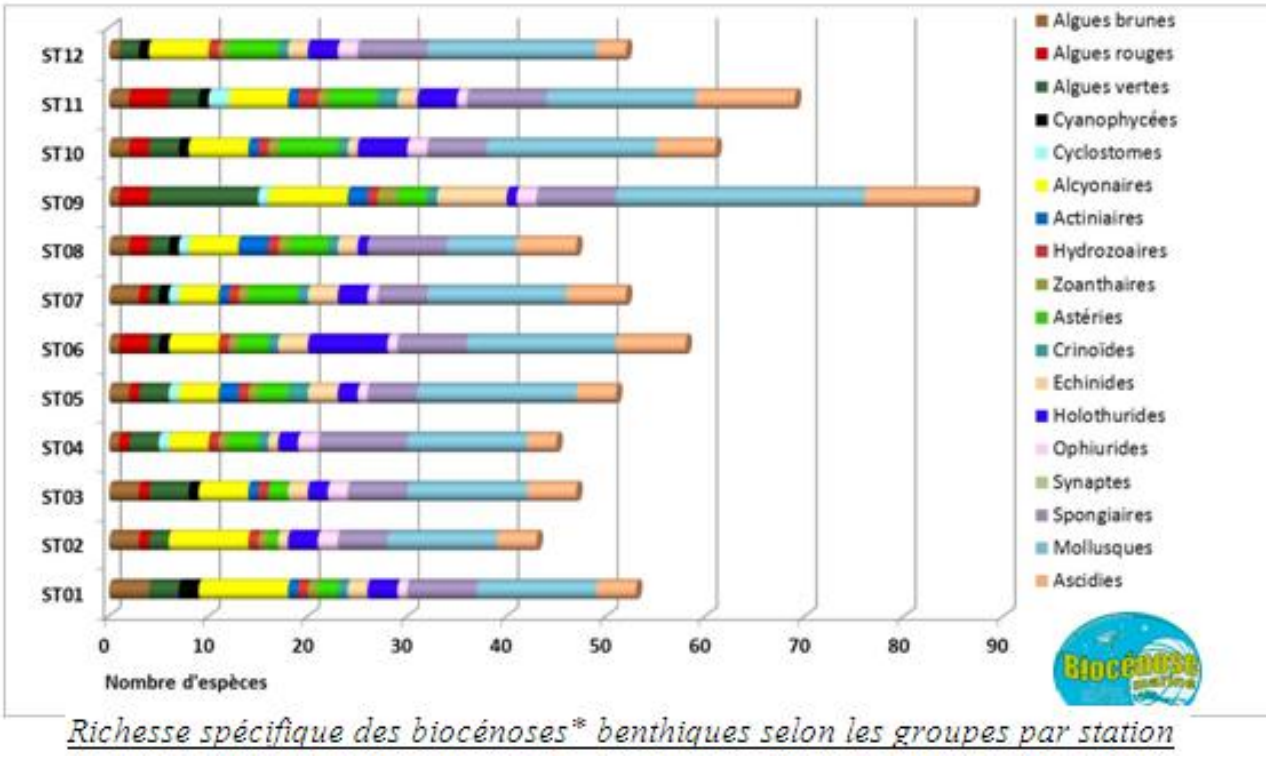


Figure 44 : Détails au niveau du benthos, selon des groupes d'Invertébrés (autres que les coraux) et par stations



Les espèces inféodées à la baie de Prony développent des morphoses particulières dans le monde, la conjonction des paramètres environnementaux de cette baie rendant le développement des coraux unique. Certaines espèces sont considérées comme rares dans les eaux calédoniennes (*Alveopora catalai, Blastomussa merleti*…). Si la richesse spécifique des stations de la baie de Prony est relativement plus faible que pour les stations du canal de la Havannah, ceci est à minorer car la ST02 (Creek baie nord) recense un nombre très important d'espèces.

Tableau 27 : POISSONS

Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyo faune. AVRIL 2013.

STATION / PARAMETRES BIOLOGIQUES	ST01 Casy	ST02 B. nord	ST03 Port	ST04 Wood.	ST05 Ioro	ST06 Ionon.	ST07 Chamb	ST08 Puka	ST09 B. Kié	ST10 I. Kié	ST11 Toémo	ST12 Ugo
Nombre individus	98	153	22	237	140	284	290	79	244	725	110	116
Richesse spécifique	18	8	13	47	48	80	46	26	43	57	42	35
Densité (nb ind/m²)	1,09	1,91	0,28	2,71	1,8	2,8	2,26	0,68	3,04	7,23	1,35	1,6
Biomasse (g/m²)	26,75	45,07	1,14	87,47	130,43	760,11	175,08	27,28	40,63	259,09	60,53	57,85
Indice de Shannon	2,97	1,01	2,57	4,21	4,74	5,05	2,96	3,5	4,42	2,99	4,46	4,26
Indice Equitabilité	0,71	0,34	0,7	0,76	0,85	0,8	0,54	0,75	0,82	0,51	0,83	0,83

Pour cette mission, encore une fois c'est la station de l'îlot Kié en réserve Merlet (ST10) qui est particulièrement riche en individus et donc en densité, ainsi qu'en diversité.

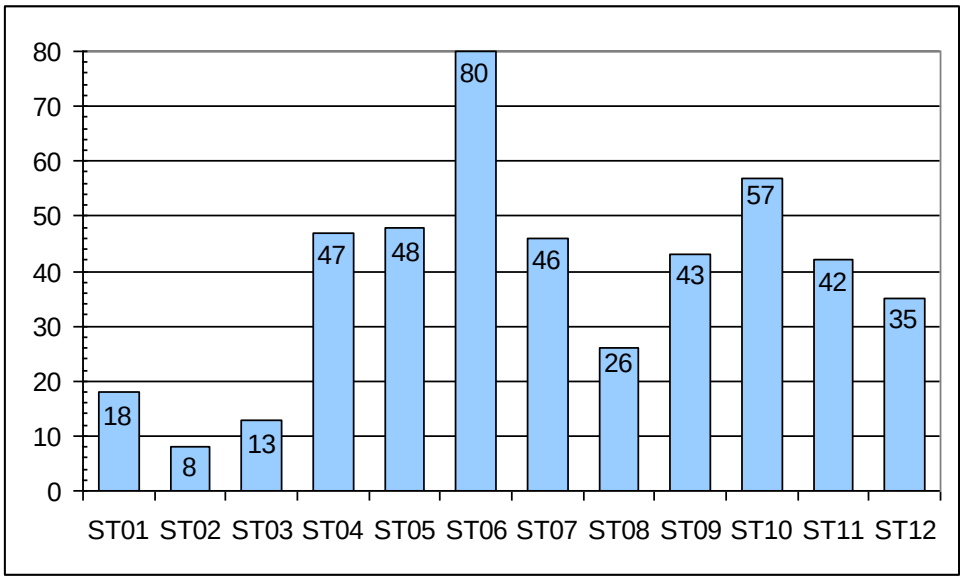
Le record de biomasse est détenu par la station Ionontea (ST06), sa proximité avec l'effluent ne l'affecte aucunement.

Les stations du canal ont en moyenne des valeurs de densité, biodiversité et biomasse qui sont respectivement 2, 4 et 30 fois plus fortes que celles des 3 stations de la baie de Prony.

Dans le lot « Stations du Canal » 3 groupes de 3 stations peuvent être mis en exergue:
(1) Puka ,Ugo, Ioro ;
(2) Toémo, Basse Chambeyron, Bancs Kié ;
(3) Woodin, Ionontea, Ilot Kié, ces trois dernières étant remarquables par le foisonnement de l'hychtyofaune.

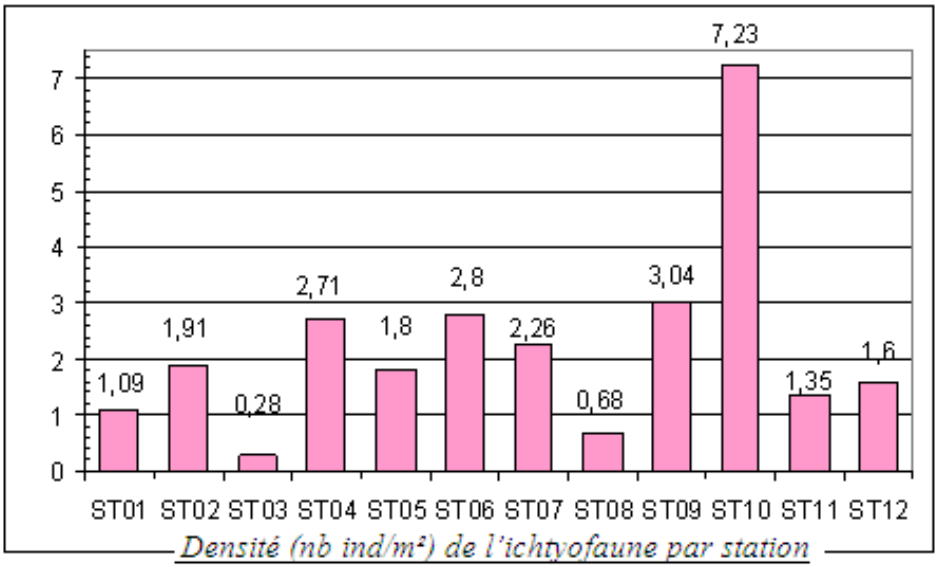
Cette mission ne change pas le groupage spatial. Toutefois, Puka et Toémo sont passées en queue des groupes auxquels elles appartiennent.

Figure 45: Richesse spécifique de l'ichtyo faune par station, AVRIL 2013



Ionontea (ST06) a battu la réserve Merlet en richesse spécifique, pour rappel Ionontea est le récif le plus proche du diffuseur.
La réserve Merlet (ST10) est en seconde position, comme toujours très riche pour tous les indices biotiques.

Figure 46: Densité de poissons (individus par m2) par station, AVRIL 2013

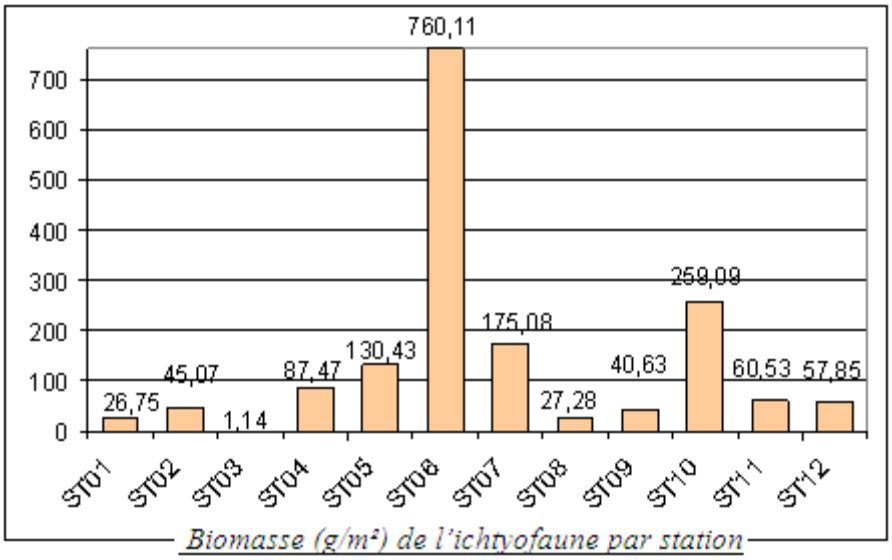


ST01	Casy
ST02	Creek baie nord
ST03	Port
ST04	Woodin
ST05	Ioro
ST06	Ionontea
ST07	Chambeyron
ST08	Puka
ST09	Bancs Kié
ST10	Ilot Kié
ST11	Toémo
ST12	Ugo

La réserve Merlet présente, comme d'habitude avec la station ST10, la densité de poissons qui surpasse celle de toutes les autres stations, même si son transect profond est peu représentatif.

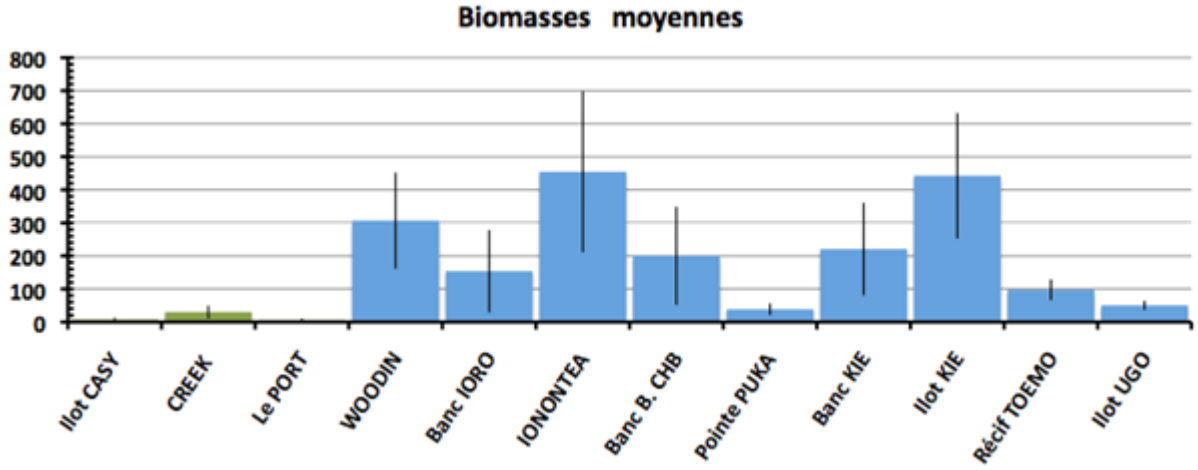
Figure 47 : Biomasse des poissons (liste restreinte règlementaire) par station.

Mission d'avril 2013



Réserve Merlet en banc de Ionontea sont en tête pour leurs indicateurs « poissons »

Figure 48 : Biomasse <u>moyenne</u> des poissons depuis 2007 (liste restreinte règlementaire) par station avec l'intervalle de confiance



L'Ilot Kié (en réserve Merlet), et les stations qui sont au plus proche du diffuseur : Ionontea (la plus proche), banc Kié, et banc Ioro ainsi que Chambeyron, sont les stations qui présentent depuis 2007 et invariabablment des biomasses de poissons les plus élevés de toutes les stations.

La présence du diffuseur est, comme prévue dans les modélisations elles mêmes vérifiées de part et d'autre du diffuseur, aucunement affectante pour la biodiveristé des coraux et des populations associées, notamment les poissons.

Le tableau suivant montre le classement des stations suivies en fonction de leur biodiversité (biodiversité α) depuis 2007.

Figure 49: Classement des stations en fonction de leur biodiversité α

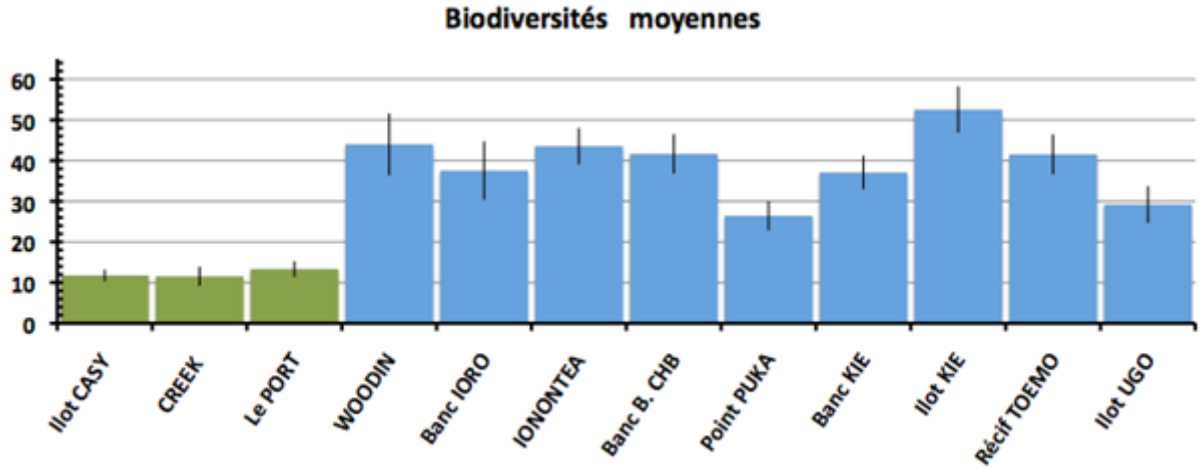
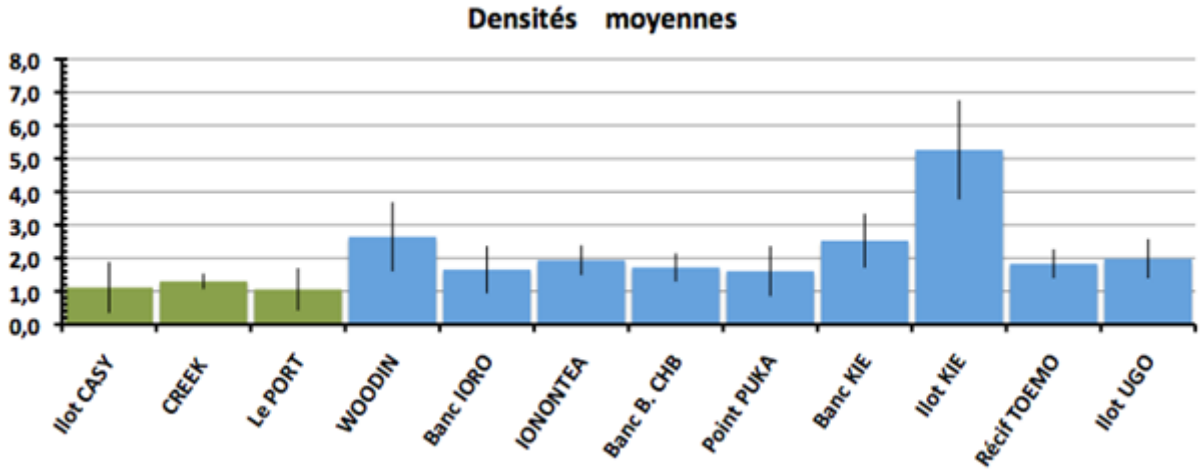


Figure 50: Classement des stations en fonction de leur densité moyenne (depuis 2007)



La comparaison des indicateurs biologiques entre les stations corrobore exactement les déductions des études des paramètres physico-chimiques, à savoir des unités fonctionnelles très différentes entre la baie de Prony, le centre du canal de la Havannah soumis à un fort hydrodynamisme, et les stations côtières. D'un point de vue écologique la station dans la réserve Merlet se différencie par une richesse biologique qui surpasse celle de toutes les autres stations. De façon résumée et synthétique on peut différencier quatre systèmes :

- celui de la baie de Prony,
- celui du canal de la Havannah (la station de la réserve Merlet s'en rapproche mais avec une richesse très supérieure notamment en densité et biomasse des poissons),
- celui du canal Woodin
- celui des baies avec apport terrigènes au nord du canal : baie de port Boisé et baie Kué

Un gradient de croissance des influences marines ou terrestres sépare (ou relie) ces systèmes.

L'ichtyologue qui effectue es missions de surveillance effectue un classement des stations à partir des données « poissons » qu'il archive depuis 2007. Pour cela il donne une cotation selon la biomasse (g/m2), la densité (nombre d'individus /m2) et la biodiversité qu'il a enregistré sur chaque *transect* et sur chaque station, pour en formuler un INDICE **IAS** – Indice Annuel par Station).

La démarche méthodologique est expliquée dans le rapport intégral en annexe de ce bilan, en voici les conclusions pour AVRIL 2013 avec un rappel des missions semestrielles de 2012.

Tableau 28 : Cotation des 12 stations évaluées d'un point de vue ichtyologique (Poissons) selon un Indice IAS

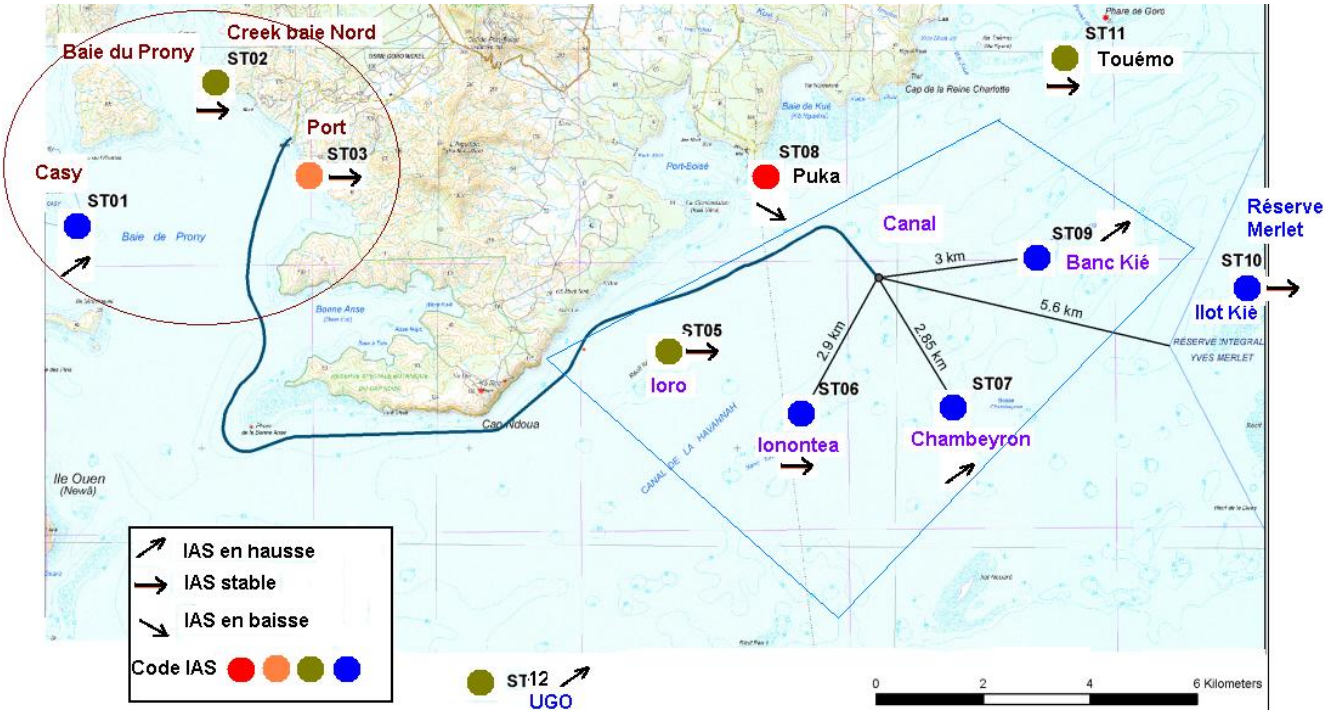
Codes

Le moins bon → Le meilleur

Par station	Indices 2013 a				Rappel de l'IAS	
	Dens.	Biom.	Biodiv.(1)	IAS	2012 b	2012 a
Ilot CASY	2	3	4	3,25	1,75	1,50
CREEK	4	4	2	3,00	2,75	3,00
Le PORT	1	1	3	2,00	2,50	1,95
WOODIN	3	1	4	3,00	3,50	3,50
Banc IORO	2	2	4	3,00	2,50	2,50
IONONTEA	3	4	4	3,75	3,50	3,50
Banc B. CHB	3	2	4	3,25	3,25	3,00
Pointe PUKA	1	1	2	1,50	1,75	1,75
Banc KIE	4	1	4	3,25	3,00	3,00
Ilot KIE	4	3	4	3,75	4,00	4,00
Récif TOEMO	2	1	4	2,75	3,00	3,00
Ilot UGO	2	1	3	2,25	1,75	2,00

Cotation des stations en avril 2013 (avec rappel des 2 missions précédentes)

Et si nous représentons cet Indice Annuel par Station (poissons) sur la carte des stations avec une flèche selon l'évolution entre 2012 et 2013 nous obtenons la carte schématique suivante :



Seule la station ST08 de PUKA montre un indice « poissons » qui a diminué en 2013, une mission spéciale de vérification et d'évaluation plus poussée avec recherche de causes lui est dédiée en septembre.

3.2.2.4. Analyse de l'évolution temporelle au cours des années de suivis, depuis 2007

➢ **Rappel sur l'évolution temporelle des stations des suivis éco-systémiques**

La seconde moitié du rapport intégral des suivis semestriels est consacrée à l'étude des variations temporelles, grâce à l'historique du suivi des stations depuis 2007. Cela répond au cahier des charges du plan de suivi réglementaire. Seuls quelques indicateurs sont rapportés ici, le document contenant les données intégrales se trouve en annexe 2 du présent rapport.

La conclusion est au chapitre 8.

Toute modification d'un paramètre supérieure aux variations saisonnières (– qui se dessinent de plus en plus clairement au fur et à mesure des campagnes –) et aux bais méthodologiques est systématiquement approfondie par les experts qui effectuent le suivi et elle est notifiée dans leur rapport. (De façon claire, en conclusion encadrée).

Une corrélation avec les résultats du suivi physico-chimique de la qualité de l'eau et des sédiments est effectuée et en cas d'une anomalie ou incohérence entre ces deux types de suivis une analyse approfondie serait conduite par les experts.

L'externalisation des missions de suivi du milieu marin permet aux experts de conclure selon leurs analyses raisonnées et Vale Nouvelle-Calédonie ne fait que relever leurs conclusions dans le présent rapport. Plusieurs bureaux d'études sont impliqués (cinq en 2013).

Si une anomalie ou une variation apparaissait lors d'une mission d'évaluation, une nouvelle mission, supplémentaire serait menée afin d'effectuer un suivi approfondi des paramètres suspectés d'avoir variés, dans le but de confirmer ou infirmer la modification et d'en rechercher les causes.

Les cyclones ou fortes dépressions sont suivies de missions d'évaluations supplémentaires notamment au niveau des baies qui sont affectées par les panaches d'eau de ruissellement et les apports des rivières.

➢ **Le substrat (LIT fixes)**

Pour suivre une évolution globale il a été comparé les résultats (en pourcentage de recouvrement) du :

- BIOTIQUE (en deux groupes : les coraux Scléractiniaires et les autres organismes vivants, rangés sous le terme de « Macrophytes et invertébrés ») et des fonds
- ABIOTIQUES (non vivants : vase, roches, sable...).

L'évolution de l'envasement en baie du Prony (% du substrat Vase aux stations ST01, ST02 et ST 03) est aussi suivi au fil des ans.

↳ *Le LIT est une méthode présentant des variations y compris pour un même opérateur. Pour différentes raisons expliquées dans le rapport intégral (annexe 3) et selon les références bibliographiques, n'a été retenue comme fluctuation significative que la marge supérieure à 20%.*

Pour cette mission, il y a très peu de variations générales : les stations apparaissent relativement stables notamment en ce qui concerne le pourcentage de recouvrement en coraux scléractiniaires (fourchette entre - 10.50% (1 transect : ST05A), sinon - 5.5% et + 9%), **avec une tendance générale très stable (+ 0.3% en tout en moyenne sur les 12 stations, soit 32 transects).**

Les *transects* installés en baie de Prony n'enregistrent pas les perturbations induites par la dessalure des eaux de surface de janvier.

A surveiller : la sédimentation en baie du Prony (ST02 creek baie Nord et ST03 au Port)

Et la zone intertidale (très peu profonde)

- *ATTENTION : au niveau des suivis par transect pour le LIT / SUSTRAT : il ne doit pas être effectué de moyenne ou des résultats des 3 transects pour 1 station, en effet chaque transect est une entité éco systémique indépendante, les transects ne sont pas des duplicatas les uns des autres et notamment les transects inférieurs (majoritairement abiotiques) ne doivent pas être confondus par une analyse globale rapide avec les transects supérieurs.*
- *Des moyennes par stations tous transcets confondus sont effectuées pour les poissons (mobiles et visibles d'un transect à l'autre) avec toutes les précautions que le spécialiste en halieutiques préconise, mais en aucun cas pour les LIT/SUBSTRAT.*

Les variations de recouvrement, liées aux algues, quant à elles, sont cycliques et ne paraissent pas avoir de cause liée à une pollution ou une dégradation d'origine anthropique du milieu. Aucune eutrophisation par exemple. Les algues ont fait l'objet d'une analyse de leur évolution temporelle sur 4 ans (rapport fourni en annexe).

➢ **Le benthos (couloirs fixes)**

Afin d'évaluer les dégradations éventuelles de la zone sous l'influence potentielle du projet Vale NC, une étude approfondie ciblée sur la biodiversité des biocénoses benthiques a été réalisée par les experts. Les biocénoses benthiques cibles (séparée entre taxons fixes et mobiles) ont été inventoriées. La présence de nombreuses espèces mobiles est un indicateur du fonctionnement de l'écosystème mais il est important de noter que l'absence ou la diminution d'abondance des espèces mobiles, d'une mission à une autre, n'est pas un indicateur de dégradation environnementale. Leur absence peut être momentanée et n'est pas synonyme de mortalité car leur mobilité leur permet de migrer hors du couloir d'inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri.

➢ **Pour les coraux** :

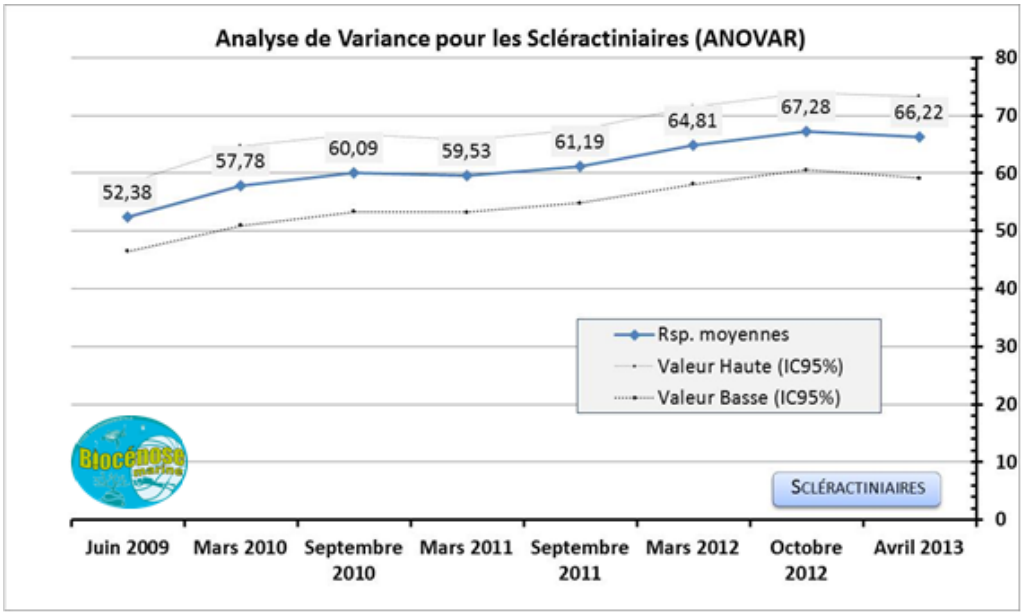
La richesse spécifique corallienne parait augmenter légèrement au fur et à mesure des missions entre 2009 et avril 2013. La petite baisse de diversité en mars 2011 est corrélée aux dépressions Vania et Zelia qui se sont déroulées en début d'année 2011. On constate une stabilité et suite à cet évènement dépressionnaire, le récif se régénère progressivement (septembre 2011, mars 2012 et octobre 2012).

Le cyclone Freda (début 2013) a conduit à une légère baisse de la richesse spécifique.
Entre octobre 2012 à avril 2013, la courbe de la richesse spécifique corallienne évolue à la baisse pour de nombreuses stations, c'est suite à l'évènement dépressionnaire Fréda du début d'année 2013. Les perturbations ne sont pas enregistrées de la même manière entre les trois sites Prony, Woodin et Havannah.

A surveiller : Il va en être de même suite aux fortes pluies du 2 et 3 juillet, le suivi du second trimestre 2013 le montrera. Une mission spéciale dédiée à la suite de cet évènement climatique sera finalisé en fin d'année.

La figure suivante illustre cette constatation

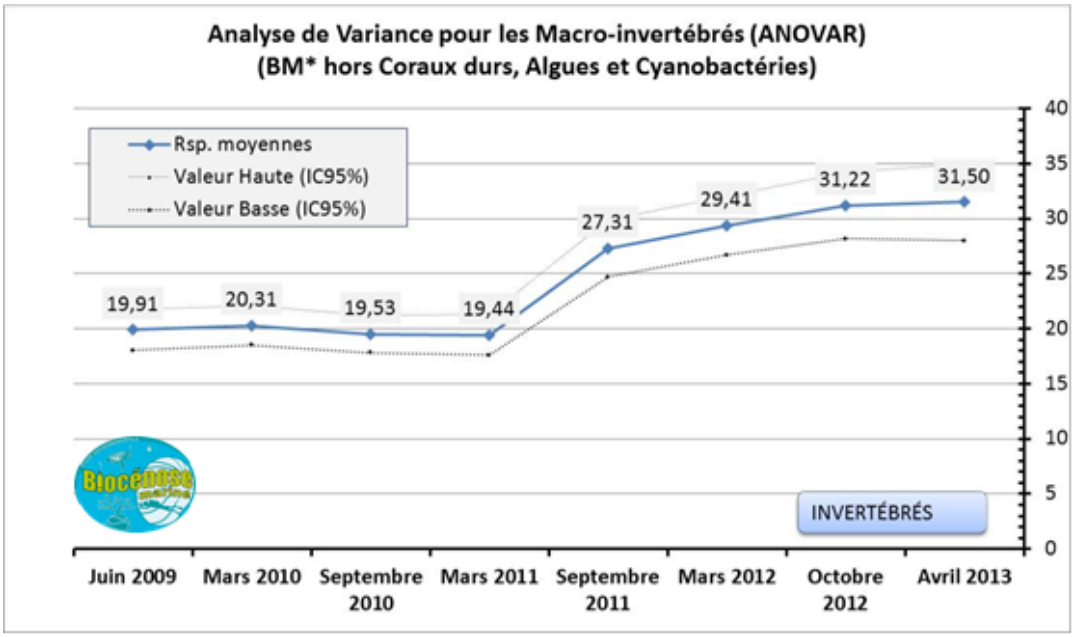
Figure 51: Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux durs (scléractiniaires) depuis 2009 (Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance)



- **Pour les Invertébrés (sauf le corail dur)**

Le même travail d'analyse a été conduit avec les Invertébrés (excepté les coraux durs). Les organismes mobiles (mollusques, astéries, holothuries, échinides, ophiures et crinoïdes) sont constamment en train de se déplacer à la recherche de nourriture. D'autre part, si des évènements exceptionnels les perturbent, ils ont la possibilité de se déplacer dans un milieu plus calme (variations des niveaux bathymétriques, en cas de stress en surface ils vont se déplacer sur les *transects* de niveaux inférieurs).

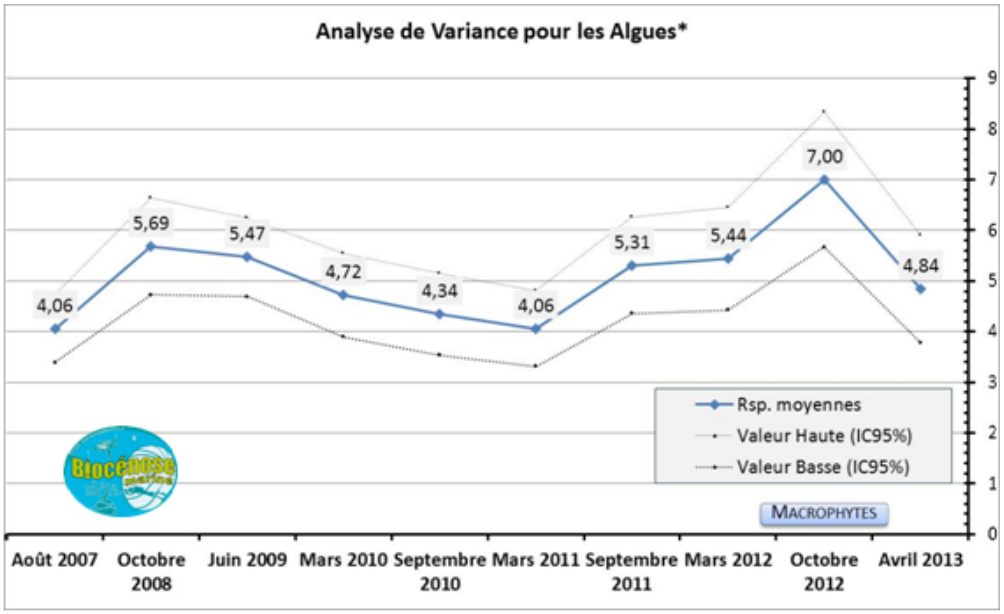
Figure 52: Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2009 (Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance)



Et le même travail d'analyse a été réalisé avec les algues

➢ **Pour les Macrophytes**

Figure 53: Valeur de la richesse spécifique moyenne des Macrophytes depuis 2007



Le nombre d'espèces de macrophytes d'un milieu variera peu car il reste souvent quelques thalles, c'est plutôt leur abondance ou recouvrement qui va évoluer selon les saisons.
Le rapport de synthèse sur l'évolution de la couverture algale entre 2007 et 2012 a été finalisé début 2013. (cf. rapport spécial dédié à l'évolution des algues et donné en annexe). La périodicité d'échantillonnage avec un pas de temps semestriel n'est pas adapté pour une étude poussée des algues car la grande variabilité interspécifique au cours de l'année ne permet pas d'enregistrer les amplitudes maximales et minimales, ni les variations de diversité et d'abondance de façon fine.

Cependant, les relevés semestriels permettent d'évaluer les tendances d'abondance pour chaque mission pour les genres d'algues vertes (Chlorophytes), d'algues rouges (Rhodophytes) et d'algues brunes (Chromophytes). **Et ils permettent surtout d'appréhender dans le temps, si certains genres ou espèces deviennent invasives par rapport au reste des communautés coralliennes. Cette attention au niveau des espèces invasives est soutenue depuis le début des suivis.**

Algues vertes, rouges et brunes :

- Aucune prolifération, ni de diminution de la biodiversité ne sont observées au cours du temps (depuis 2007).
- Aucune espèce invasive (exogène), ni espèce envahissante (indigène) d'algues n'a été répertoriée sur les stations de suivi.
- L'abondance des algues montre des évolutions dans le temps mais il n'apparait pas de similitude concernant les évènements dépressionnaires ni les cycles saisonniers de façon nette pour les genres les plus abondants.

A surveiller : les algues d'un point de vue « problématique des EEE -Exogènes et espèces invasives », mais à ce jour : pas de perturbation notée.

Remarque : Le développement du genre *Asparagopsis* (algue rouge) est à surveiller à long terme car il est répertorié sur la liste IUCN comme comptant des espèces introduites et invasives dans certaines zones subtropicales et tempérées.
Il constitue un compétiteur spatial important pour les coraux durant sa phase de développement (fin de l'hiver austral).
Le développement du genre *Lobophora* (algue brune) est aussi à surveiller à long terme Pour l'instant son développement est régulier mais si les conditions environnementales venaient à évoluer

(principalement augmentation de la turbidité), ce genre pourrait ainsi se développer à la défaveur des coraux puis étouffer une grande partie des récifs (caractère d'espèce envahissante).

- **Cyanobactéries** (cf. chapitre 8.3 du rapport spécial dédié à l'évolution des algues, en annexe)

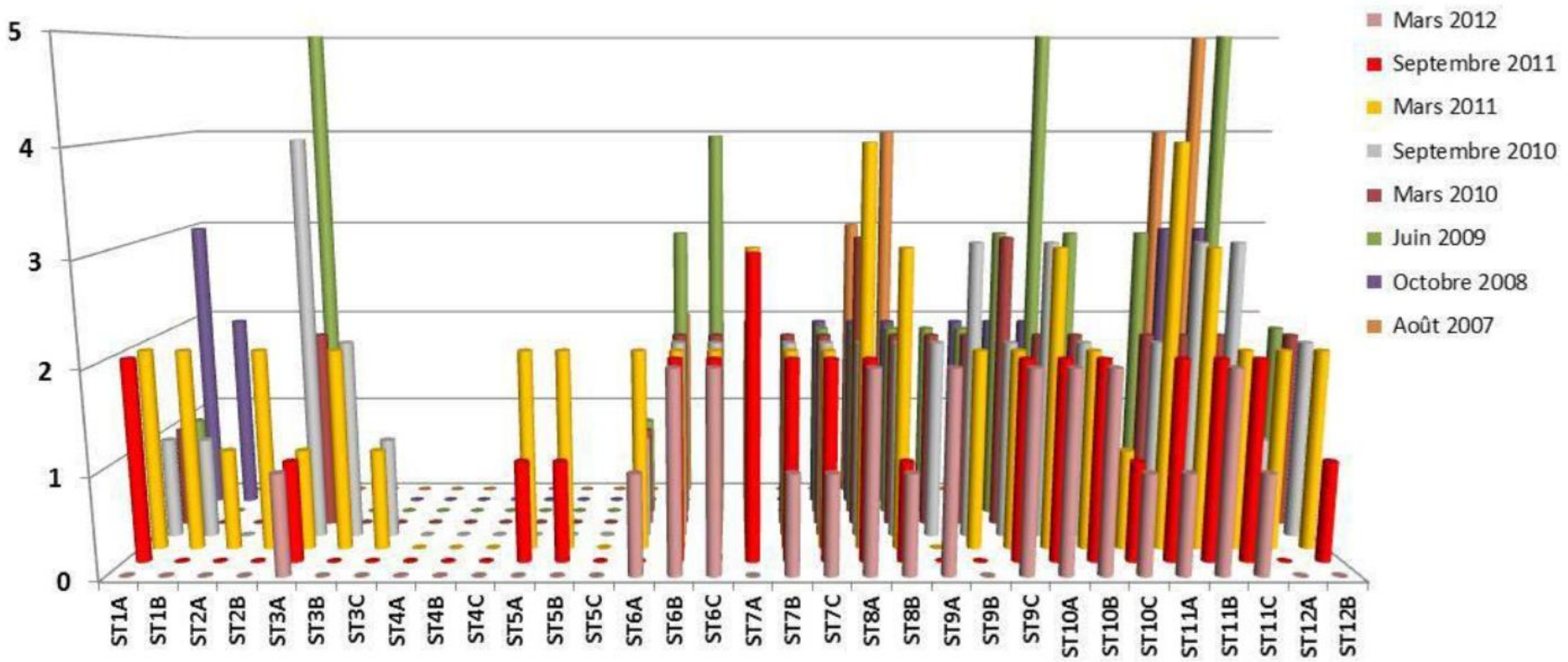
Les cyanobactéries ont été observées particulièrement sur les stations du canal de la Havannah, dans une moindre mesure pour la baie de Prony et très rarement dans le canal Woodin.
Leur recouvrement est variable selon :
- les dégradations récifales engendrées par les facteurs environnementaux (dessalure, turbidité, hydrodynamisme),
- les évènements exceptionnels (dépression, cyclones et phénomène climatique el Niño/la Niña),
- la profondeur (exposition et lumière),
- la nature du substrat (la vase et les débris corallien favorisent les proliférations),
- la saisonnalité (température de l'eau),
- la proximité d'une source anthropique.

- Le recouvrement des cyanobactéries reste pour la majorité des stations et la plupart des missions faible, des pics d'inflorescence ont été détectés puis ont disparu, ils évoluent en corrélation avec les coraux morts suite aux grands évènements dépressionnaires, à ce jour aucun « bloom » (avec inflorescence avec extension forte du recouvrement) n'a été observé.


A surveiller : les inflorescences de cyanobactéries, le fait de prendre cet indicateur en considération ne doit pas être stoppé.

Figure 54 : Evolution temporelle de l'abondance des cyanobactéries pour tous les transects entre 2007 et 2012

Abondance (échelle 1 à 5, méthodologie complète en annexe)



ST04 dans le canal Woodin ne présente pas de cyanobactéries et c'est la seule station

Figure 55 : Évolution temporelle de l'abondance des cyanobactéries en baie du Prony entre 2009 et 2013 (études spéciales)

Abondance (échelle 1 à 5, méthodologie complète en annexe)

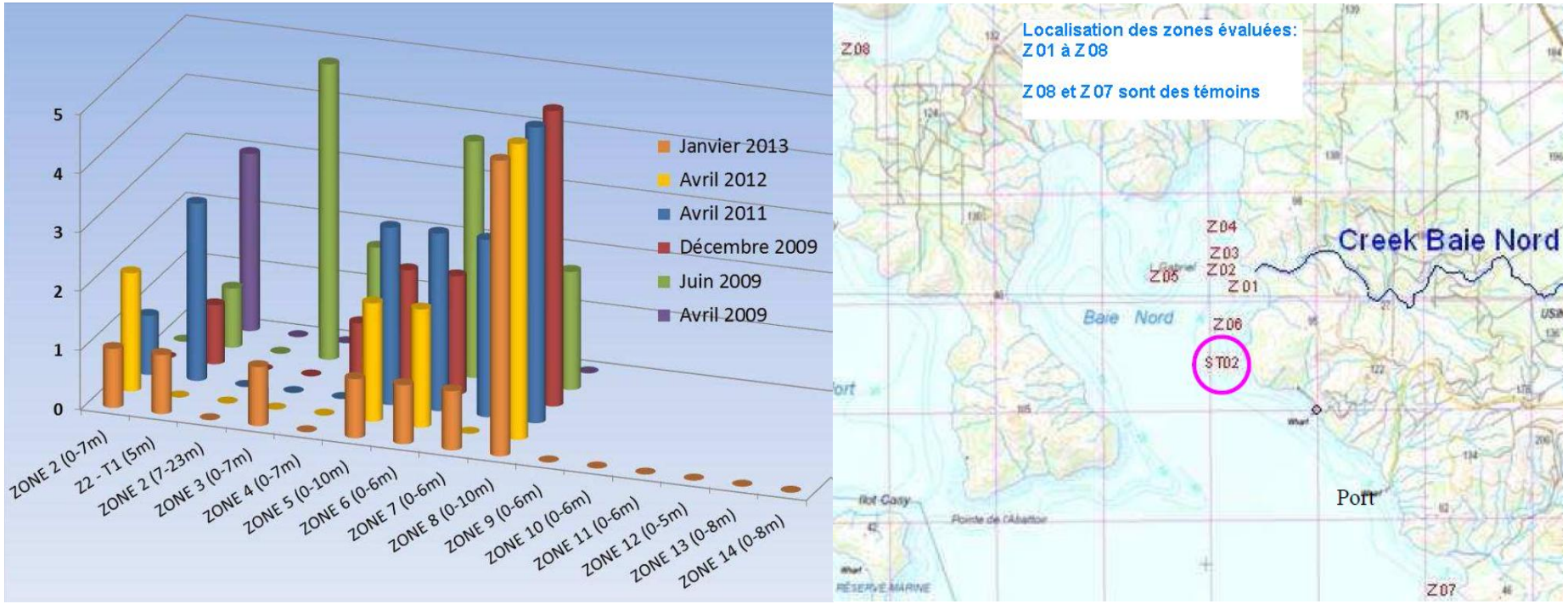
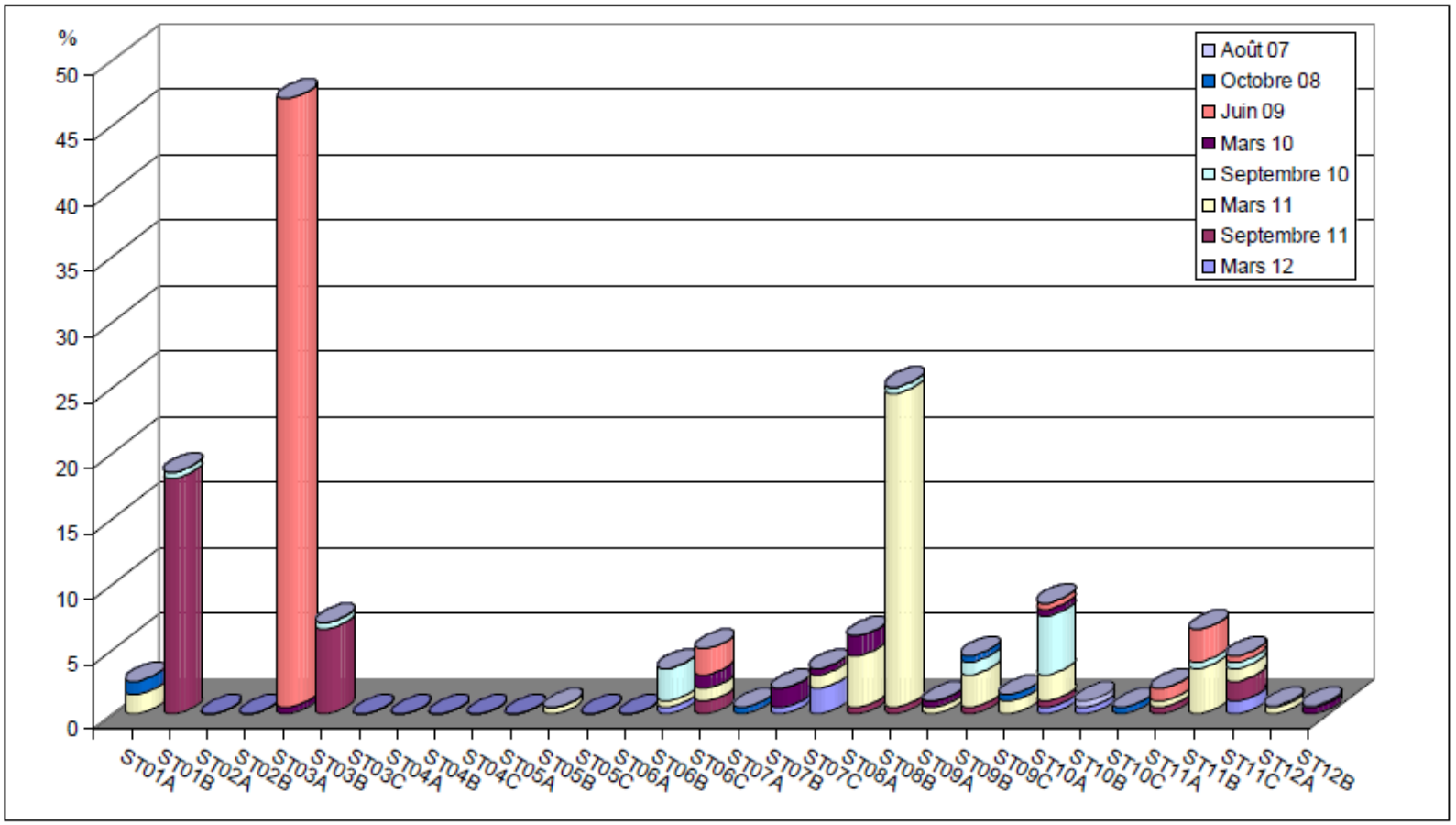


Figure 56 : Recouvrement (%) des cyanobactéries, pour tous les transects, en cumulé pour toutes les missions



➢ **Les Indicateurs de la santé des coraux**

Cet indicateur est suivi avec attention grâce à la participation d'une spécialiste des coraux calédoniens aux missions de suivis depuis 2008 : M. Gregory Lasne (Biocénose). Abondance, mortalité, richesse spécifique, recrutement et blanchissement coralliens sont les paramètres de son évaluation de la santé du récif.

- **Le recrutement corallien.** Il comprend les nouvelles espèces recensées sur le couloir d'étude et l'augmentation d'une espèce déjà présente grâce à des juvéniles nouvellement installés.
- **La mortalité,** elle est détectée par les exosquelettes restés en place et la connaissance du milieu par un évaluateur qui le connait depuis de nombreuses missions notamment en baie du Prony.
- **Le blanchissement corallien.** Il est potentiellement réversible et différemment ressentis par les espèces. Il est à prendre en compte car il donne des indications sur l'affaiblissement des récifs. Les colonies blanchies ne sont pas vouées à mourir car leur résilience est importante et elles peuvent réintégrer rapidement leur zooxanthelles si les conditions environnementales redeviennent meilleures. La coloration des coraux varie selon les espèces et ne peut pas être un indicateur universel facile de blanchissement pour tous les coraux.

En avril 2013, les constatations montrent que les récifs ont subies à nouveau de nombreuses séquelles suite à l'évènement dépressionnaire Fréda du début d'année 2013. Le blanchissement corallien concerne de nombreuses espèces mais le blanchissement observé sur les *transects* du réseau de suivi est relativement faible et ne concerne que des colonies isolées.

Dans le canal de la Havannah, et dans une moindre mesure le canal Woodin, les espèces concernées par le blanchissement ont subies des perturbations d'ordre mécanique et ne sont pas totalement blanchies ;
Dans la baie de Prony : Le cyclone Fréda a entrainé une anomalie négative de dessalure des eaux de surface en début d'année 2013. L'ensemble des récifs littoraux compris dans les petites profondeurs (0 à 3 m) de la baie de Prony ont été gravement perturbés par le phénomène de blanchissement (cf. chapitre 3.2.1. 11) mais ces données ne sont pas enregistrées par le réseau de suivi biologique règlementaire car les *transects* sont tous implantées sous 5 m de profondeur. Pour cette raison une mission supplémentaire dédiée à l'évaluation en baie du Prony a été effectuée en janvier 2013. La carte ici dessous indique la zone de cette étude supplémentaire qui fait suite à 5 autres études de ce type en baie du Prony.

Figure 57 : zones des missions d'évaluation suite aux forts apports d'eau douce en baie du Prony

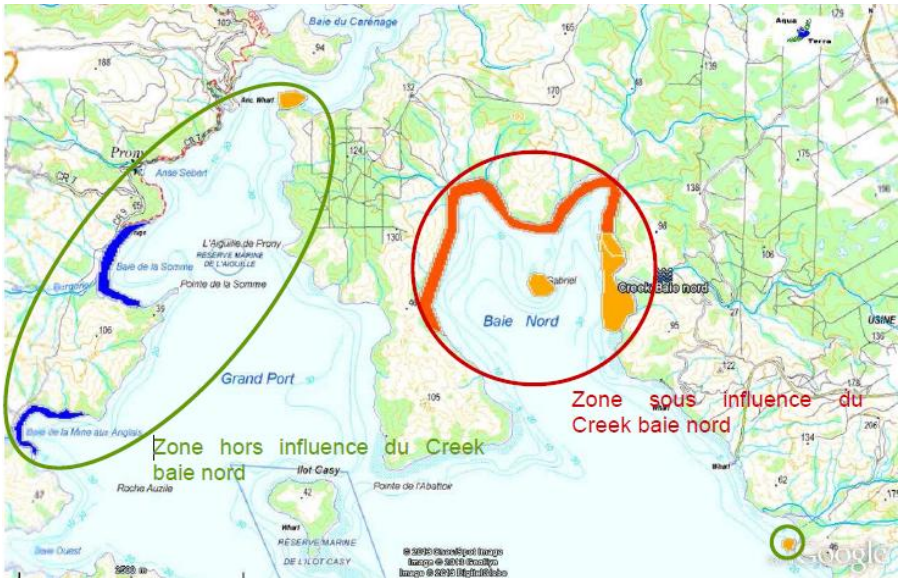
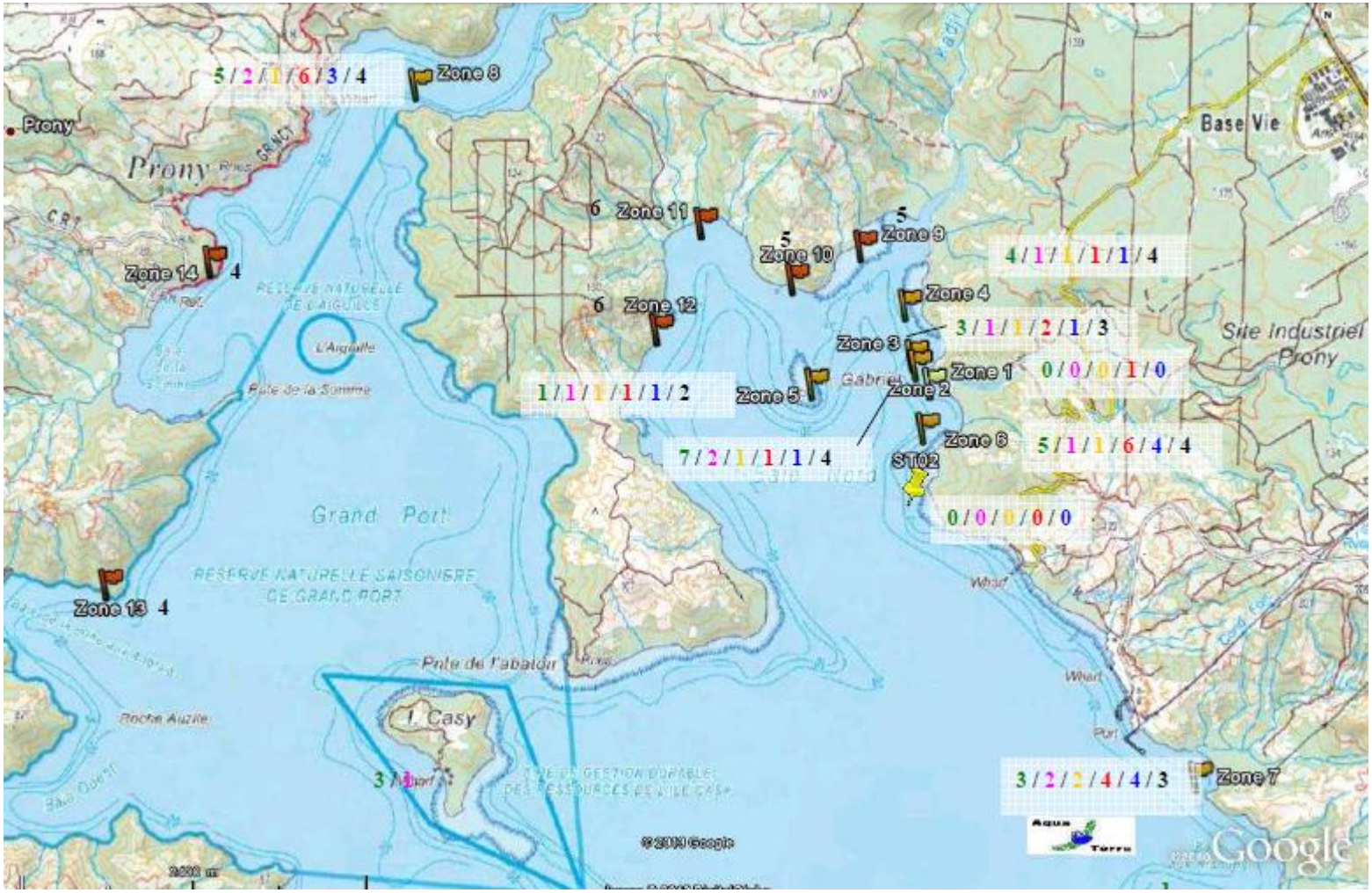


Figure 58 : Blanchissement corallien en baie du Prony suivi sur 6 missions (estimation visuelle), sur une échelle de 10

Vert = avril 2009, mauve = juin 2009, jaune = décembre 2009, rouge = avril 2011, bleu = avril 2012 et noir = janvier 2013



- **Les maladies du corail**

En avril 2013 :

Les récifs de la baie de Prony (ST01A Casy, ST02A&B Creek baie nord) et du canal Woodin (ST04B) présentent quelques colonies d'Acropora tabulaires affectées par la maladie de la bande blanche. Pour l'instant les proportions de colonies affectées sont faibles.

Les récifs du canal de la Havannah sont eux beaucoup plus affectés par ces maladies (ST06B, ST07B, ST08A&B, ST10A&B en réserve Merlet, ST11A&B&C et Ugo ST12A&B). Les espèces perturbées par la bande blanche sont également plus variées. Des anomalies de croissance ont aussi été observées (Porites et Sarcophyton).
Ces transects coïncident avec les niveaux dégradés régulièrement par les agents hydrodynamiques et 2011 puis janvier 2013 ont particulièrement impactés le lagon avec 3 dépressions cycloniques.

La station PUKA (ST08 A&B) est particulièrement perturbée par la maladie de la bande blanche qui sévit sur toutes les stations mais pas de façon aussi pluriségcicifique qu'à Puka

A surveiller : le prochain suivi (en septembre 2013) constatera les effets du second fort évènement climatiques 2013 : les fortes pluies de juillet. Cette mission sera renforcée en indicateurs et en étendue afin de mieux évaluer la zone. Ce suivi biologique sera aussi couplé avec un suivi physico- chimique supplémentaire. En fin d'année un bilan plus précis et une recherche des causes feront l'objet d'un chapitre dédié à cette station.

L'observation précise et la recherche systématique des caractéristiques des coraux, espèces par espèces, lors de missions d'évaluation qui durent une demi- journée par station (au minimum), peuvent aussi être un facteur de bais car le blanchissement, les anomalies, la bande blanche etc.… n'étaient pas et ne sont toujours pas des paramètres à suivre d'après le plan de suivi réglementaire et ils font quasi partie de la recherche fondamentale.
Sans la mise à contribution d'un spécialiste des coraux, ces faits passeraient inaperçus.

Le suivi du second semestre 2013 va montrer les conséquences d'un second évènement climatiques 2013 fort et impactant : celui des pluies exceptionnelles du 2 et 3 juillet 2013, qui vont ajouter leurs effets à celui de Freda (2 et 3 Janvier 2013) , alors que les récifs étaient en résilience suite aux deux dépressions cycloniques Vania et Zélia 2011.
Un bilan va être possible, notamment sur la station de la pointe Puka qui attire notre attention.

- **La croissance du corail**

Dans les paramètres suivis au niveau des indicateurs de la santé du corail, la croissance de colonies géo référencées est très intéressante. Voici la vitesse de croissance de 7 colonies mesurées depuis 2007 et les dépressions cycloniques sont indiquées d'une étoile sur l'axe des abscisses. (Etude détaillée en chapitre 7 du rapport intégral communiqué en annexe).

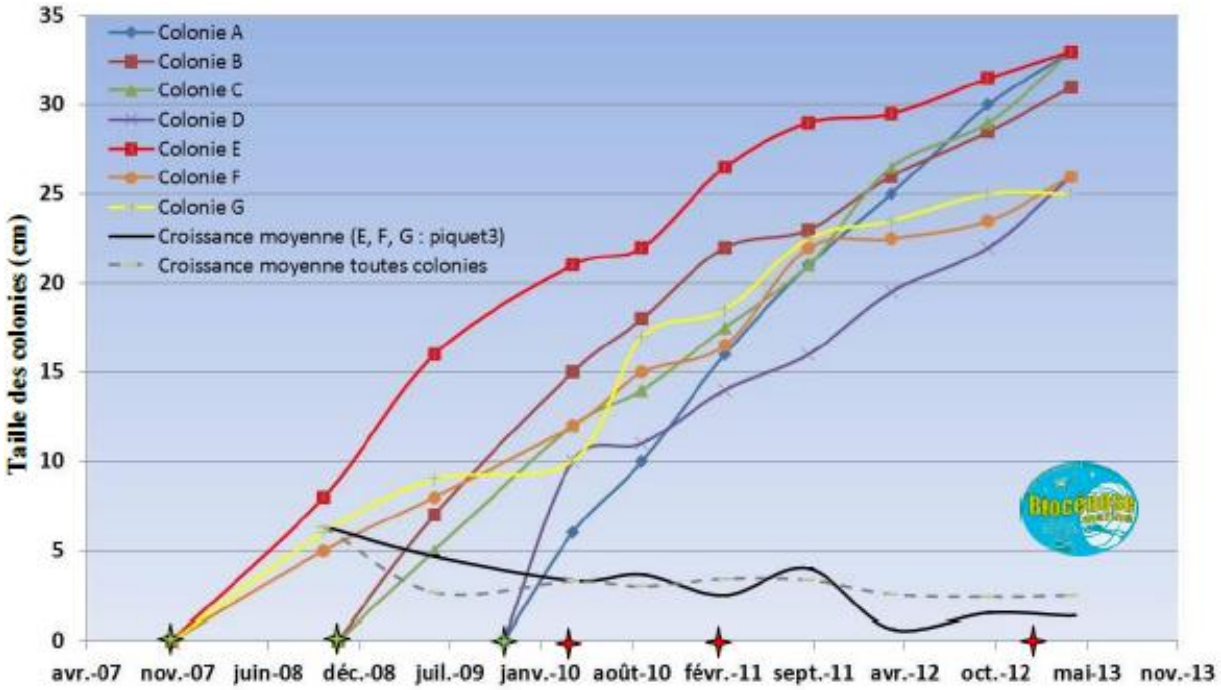
Des planulas de *Pocillopora damicornis* ont réussi à se fixer sur les piquets (posés lors de la mission du 31/08/07) du *transect* supérieur de la station 01 (Casy), et, de ce fait, aucune autre espèce ne les a perturbées dans leur édification. Ce sont des indicateurs qui ont attiré l'attention des plongeurs biologistes dont les missions d'évaluation vont au-delà des suivis réglementaires dès que leur expertise est stimulée par un point, attitude soutenue par Vale NC.

L'édification corallienne est la plus importante durant le stade juvénile, puis va diminuer progressivement au fur et à mesure du temps avec des fluctuations saisonnières. Durant l'année la croissance de *Pocillopora damicornis* n'est pas linéaire, la période hivernale (saison sèche et saison fraiche) a l'air plus favorable à la construction de l'exosquelette carbonaté. Puis la période estivale (saisons humide et chaude) induit des anomalies de salinité, températures et turbidité dans l'environnement ce qui va stresser les colonies coralliennes dites adultes.

Figure 59: Courbes de croissance des colonies coralliennes fixées sur les piquets du transect A de la station ST 01

Les trois croix vertes indiquent les phases de ponte de novembre 2007, novembre 2008 et novembre 2009.

Les croix rouges indiquent les grandes phases dépressionnaires de Jasper (février 2010), Vania, Zelia (janvier 2011), Fréda (janvier 2013)



Le ralentissement de la croissance est plus accentué lors des phénomènes dépressionnaires ou climatiques durant l'été austral.
Au début de la saison estivale se produit le phénomène de ponte corallienne (généralement le mois d'octobre à décembre selon le positionnement des récifs) et la croissance des colonies juvéniles va être très rapide

Les variations de croissance entre individu sont également bien remarquables, elles vont être induites par :
- le positionnement propre de chaque colonie,
- la compétition spatiale (le positionnement des colonies les unes par rapport aux autres),
- la sensibilité propre de chaque colonie aux conditions

Figure 60: Comparaison des richesses spécifiques (biocénoses, hors coraux), par *transect*, depuis 2007

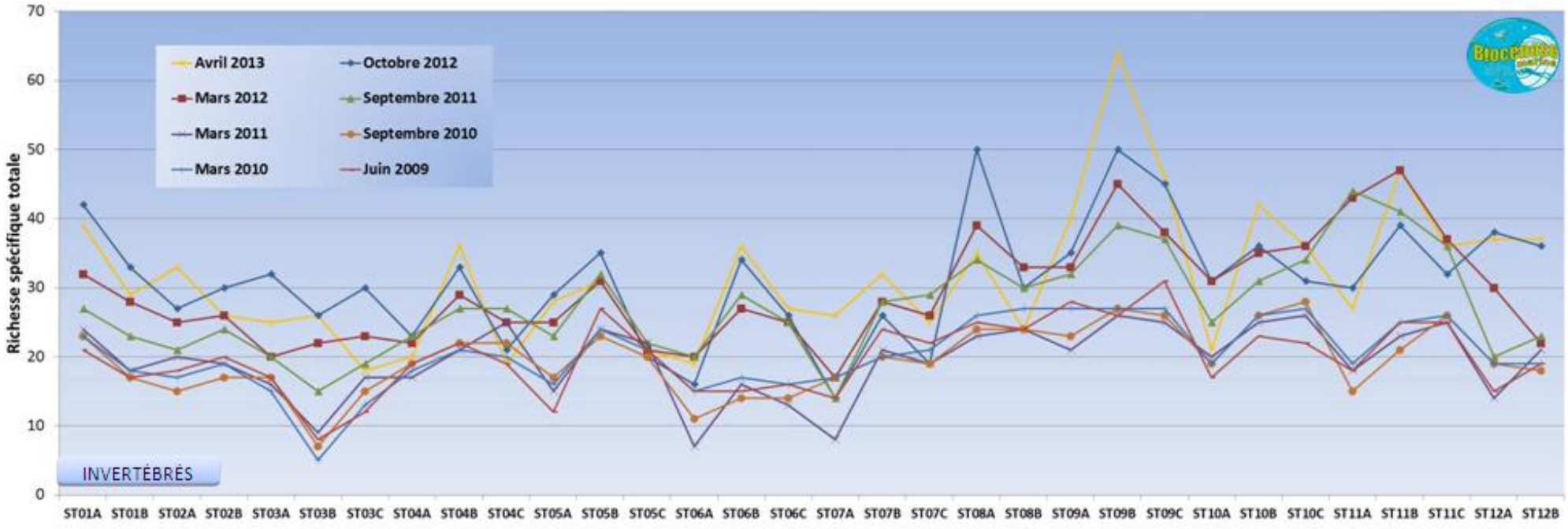


Figure 61 : Comparaison des richesses spécifiques (coraux), par *transect*, depuis 2007

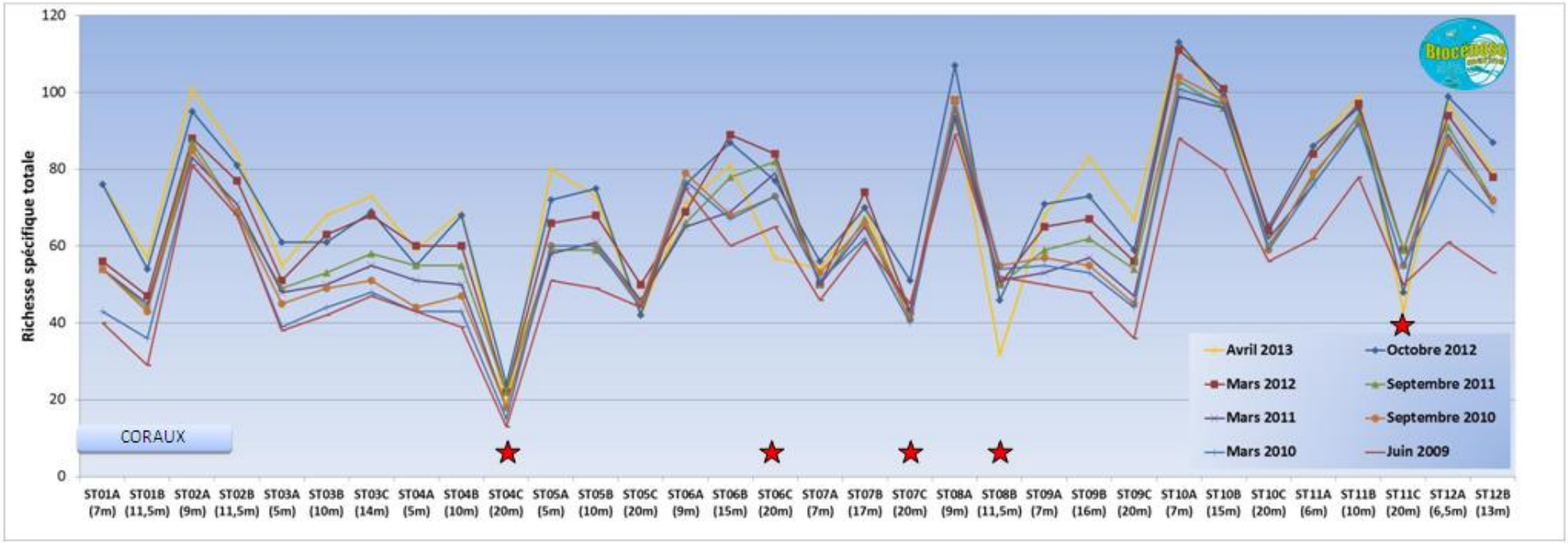
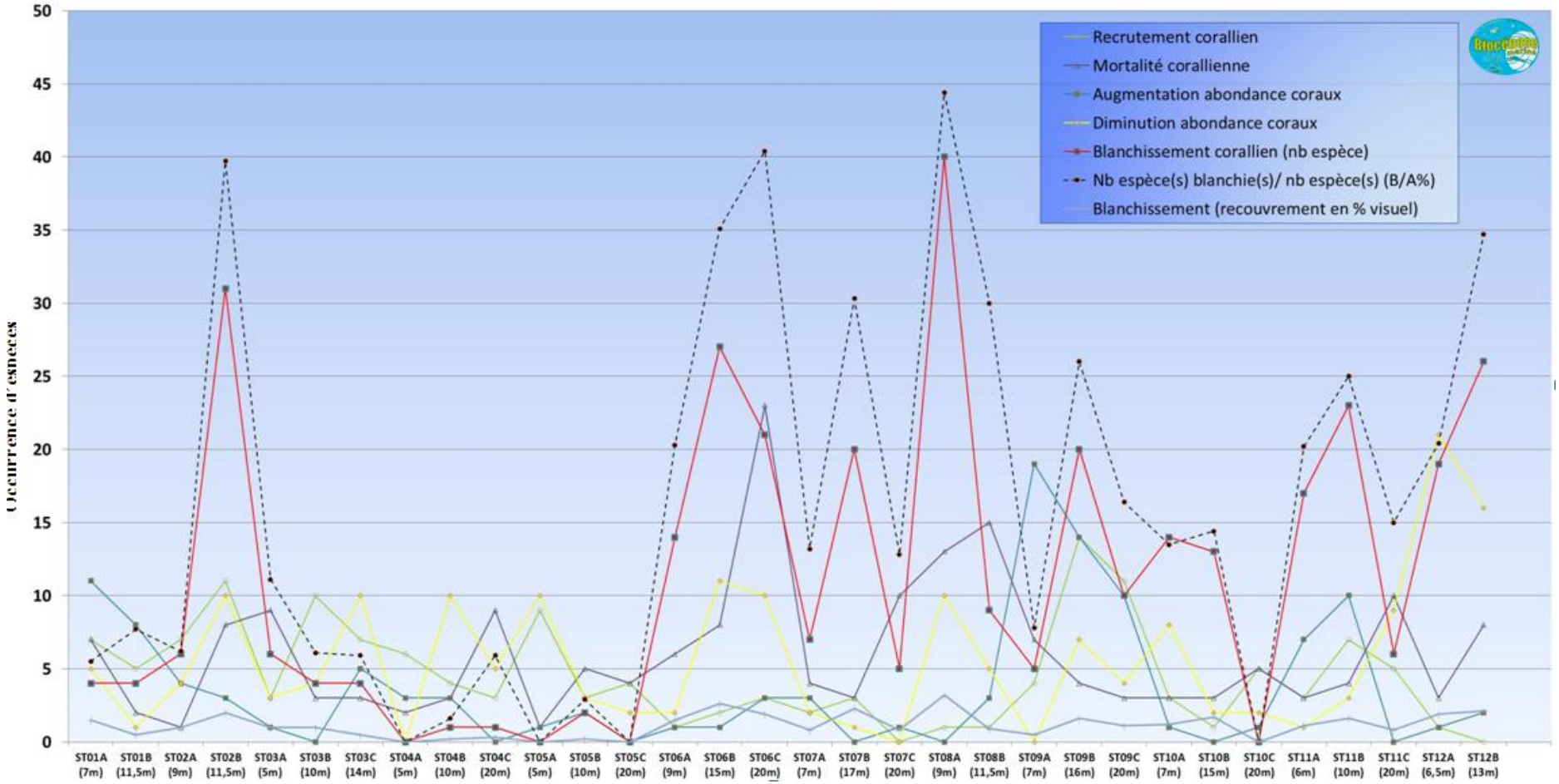


Figure 62 : Indicateurs de l'état de santé des coraux entre avril 2013 et octobre 2012

(Occurrence du nombre d'espèces concernées par le recrutement, la mortalité, l'augmentation et la diminution d'abondance et le blanchissement)



➢ Espèces exogènes

Le chapitre 5.4 du rapport intégral (en annexe) est consacré au thème des EEE (Espèce Exotiques Envahissantes) bien que le plan de suivi réglementaire du milieu marin n'évoque pas ce sujet et que la Nouvelle-Calédonie n'ait pas encore pris en compte les EEE au niveau marin, dans son approche de prise en compte rigoureuse qui se développe pour le milieu terrestre.

Le rapport sur la synthèse de l'évolution du recouvrement des algues (en annexe) présente aussi un chapitre (chapitre 9) consacré aux espèces envahissantes ou invasives potentielles

A ce jour aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie, ni en Nouvelle-Calédonie.

A surveiller : les EEE marins sont pris en compte par Vale NC depuis le début du projet dans la limite des connaissances calédonienne sur ce sujet. Le plan de veille à l'égard des espèces exogènes les inclue bien.

Les algues pourraient constituer un risque d'EEE, et pour cette raison Vale NC les prend attentivement en considération, comme il prend en considération la sentinelle fixe qu'est le corail et ses indicateurs de santé ou de stress.

L'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année (depuis le suivi d'août 2007), ne présentent pas d'anomalie caractéristique d'espèce envahissante qui pourraient nuire à l'environnement. Toutefois, une attention particulière doit être portée sur l'évolution du recouvrement saisonnier de deux genres de macrophytes (Asparagopsis et Lobophora).

L'algue rouge du genre Asparagopsis présente un développement saisonnier important (particulièrement fin de l'hiver austral et début de l'été austral), dans certaines zones du canal de la Havannah comme le banc Ionotea (ST06), le banc de Kié (ST09) et le récif de Toémo (ST11). Sans corrélation avec une activité anthropique. C'est une algue de zones de forte agitation hydrodynamique. Ce genre est répertorié sur la liste IUCN parmi les espèces introduites et invasives dans des zones subtropicales et tempérées. Le statut du genre Asparagopsis en tant qu'espèce locale invasive ou non reste à définir en Nouvelle-Calédonie car il existe de nombreux clades au sein de ce genre (espèces proches par la phylogénie). Ce genre est très souvent épiphyte sur d'autres algues (plantes qui poussent en se servant d'autres plantes comme support).

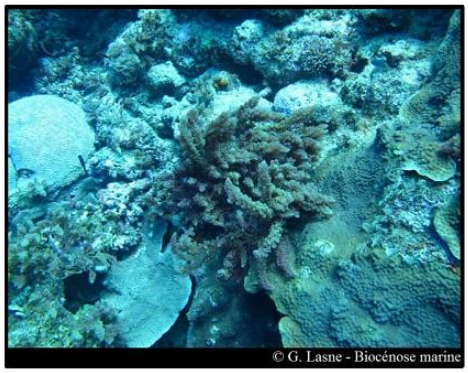
L'algue brune du genre Lobophora est également à surveiller à long terme car elle constitue un compétiteur spatial pour les coraux. Il s'avère que ce genre se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony en zones non agitées et il pourrait avoir des caractéristiques d'une espèce envahissante (indigène) si les conditions environnementales venaient à changer.

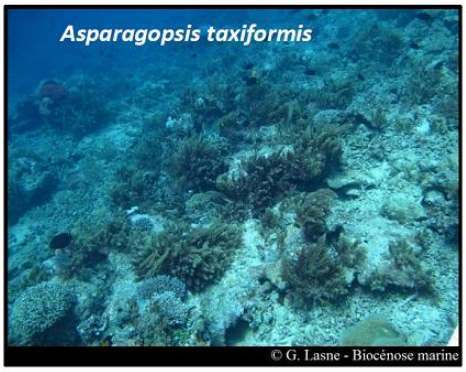
Algues vertes L'apport excessif de nutriments par une rivière sous influence de rejets anthropiques est une cause de croissance excessive de la couverture algale, **algues vertes** et turfs. Le cas s'est déjà présenté sur certaines embouchures calédoniennes, cela n'est pas arrivé en zone d'influence de Vale NC. les rejets de la centrale d'épuration de la base vie ne se jettent pas dans le creek de la baie nord mais ils sont orientés vers l'unité de traitements des effluents.

A surveiller : les nitrates, nitrites et phosphates sont suivis dans les cours d'eau comme sur les stations marines (suivis physico chimiques de la qualité de l'eau de mer, chapitre précédent) et il n'y a pas eu de concentrations élevées décelées.
Une exception : mars 2013, un pic de concentration en nitrates/nitrites en baie Kué, plus élevé d'un facteur 10, et ponctuel. Celui-ci est à suivre et une campagne supplémentaire lui est dédiée. Les suivis de la qualité de l'eau de la rivière Kué quant à eux ne montrent aucune augmentation en nitrates dans la rivière Kué.

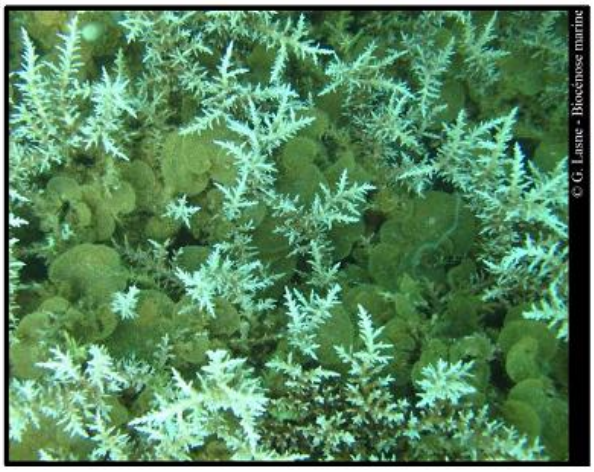
ST06B **Asparagopsis taxiformis (algue rouge)**

Récif envahi par *Asparagopsis taxiformis*



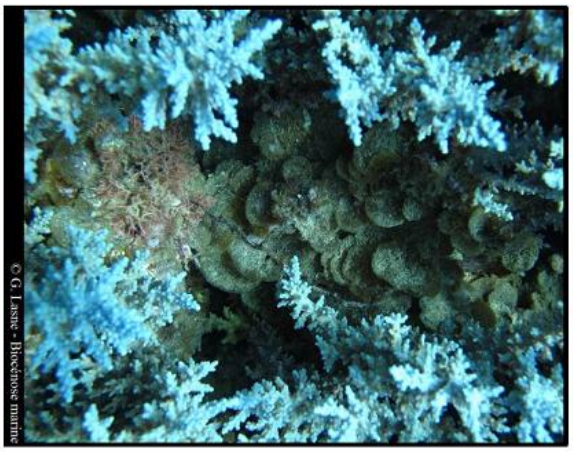


ST02A **Lobophora variegata (algue brune)**



Acropora branchu envahi par *Lobophora variegata*

ST12B



Lobophora variegata envahissant Acropora branchu

➢ Poissons

Le chapitre 6.3 du rapport intégral (en annexe de ce document) est consacré à une étude approfondie des résultats 2013 comparés à ceux des années précédentes. Elle est due au professeur Claude Chauvet (ACREM), ichtyologue.
Il assure en supplément des exigences règlementaires une analyse statistique, notamment sur la biodiversité des poissons, sur liste exhaustive des poissons observés, dans le but d'affiner la méthodologie et de « tirer la sonnette d'alarme » au plus tôt en cas de modification des populations, il va donc au-delà du cahier des charges demandé (qui est bien rempli en intégralité, sur liste restreinte). Ces chapitres sont maintenus car l'industriel ne se permet pas de « censurer » les analyses des experts externes et ces réflexions ne peuvent qu'approfondir la qualité et la rigueur du suivi, avec une base de données exhaustive qui peut être utile dans le futur.

- **Evolution temporelle de l'ichtyo faune (par années) selon la méthodologie réglementaire : (Liste restreinte)**

Les tableaux de données se présentent avec les 12 stations en lignes et les années des camapgnes précédentes en colonnes. L'ANOVAR est un test paramétrique qui vérifie l'homogénéité d'un tel tableau.
L'ANOVAR des tableaux de densité, de biomasse et de biodiversité (ici dessous) peut être réalisée en confrontant la variance du tableau aux variances annuelles, donc en colonnes : c'est alors l'homogénéité temporelle qui est testée, et en confrontant la variance globale aux variances des stations, donc en lignes : c'est alors l'homogénéité spatiale qui est testée.

➢ DENSITE en individus de poissons listés sur la liste restreinte par m^2

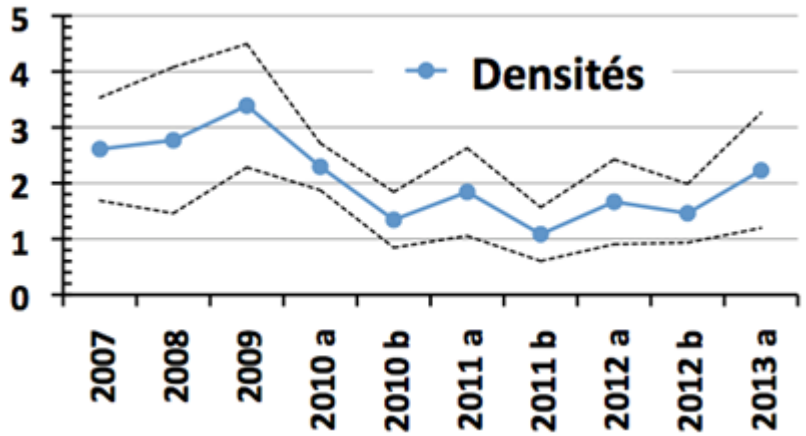
Rappel : la densité s'exprime en nombre de poissons /m2 par *transect* selon la liste restreinte, chaque poisson est un individu compté ; à condition qu'il soit sur la liste ciblée.

Tableau 29: Densités (ind. /m²) moyennes par station (sur les 3 transects) et variance de celle-ci, par station et sur toutes les campagnes avec la même méthodologie sur liste restreinte

Stations / Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
Ilot CASY	2,63	0,87	3,5	0,93	0,33	0,30	0,36	0,33	0,78	1,09
CREEK	1,12	1,76	1,49	1,68	1,41	0,61	1,18	1,10	1,36	1,91
Le PORT	1,59	0,92	3,03	1,95	0,31	0,86	0,22	0,24	0,41	0,28
WOODIN	5,45	2,71	4,07	3,38	0,84	2,11	0,95	3,20	1,09	2,71
Banc IORO	0,73	2,02	4,09	2,37	1,23	1,56	0,81	0,87	1,22	1,80
IONONTEA	2,45	2,99	1,17	2,05	1,91	2,23	0,75	1,64	2,25	2,80
Banc B. CHB	1,78	2,73	0,91	2,66	1,79	1,62	1,05	1,70	1,24	2,26
Point PUKA	2,32	1,84	3,5	3,05	0,46	0,68	1,30	0,70	0,63	0,68
Banc KIE	4,13	4,21	4,01	1,66	1,35	1,81	1,42	2,18	1,96	3,04
Ilot KIE	5,57	9,37	8,3	2,94	3,46	5,47	3,48	4,93	3,85	7,23
Récif TOEMO	1,64	1,9	3,12	1,86	1,59	2,50	0,90	1,70	1,27	1,35
Ilot UGO	*2,18*	*2,18*	3,49	3,01	1,44	2,36	0,60	1,40	1,46	1,60
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Moy.	2,67	2,85	3,39	2,30	1,34	1,84	1,09	1,67	1,46	2,23
Ecart type	1,66	2,36	1,92	0,73	0,864	1,36	0,834	1,32	0,91	1,79
Int. de conf ±	1,05	1,49	1,16	0,44	0,499	0,79	0,481	0,76	0,53	1,03
Coef. de Var	**0,62**	**0,83**	**0,57**	**0,32**	**0,64**	**0,74**	**0,77**	**0,79**	**0,62**	**0,80**

k_2 =	110
F_{obs} =	2,98
$F_{0,95}$ =	1,96
$F_{0,997}$	3,42

Figure 63 : Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m²) par station sur toutes les campagnes(toutes stations confondues)



$F_{obs} > F_{0,95}$

Pour toutes les campagnes, pour les densités, le tableau est hétérogène, la variance entre colonnes est significativement différente de la variance globale.

Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots distincts: lot 1 : Stations de la baie de Prony et Lot 2 : Stations situées dans la Canal de la Havannah.

- Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la densité pour les différentes campagnes montre une hétérogénéité. (à F95%)
- Pour les 9 stations du Canal de la Havannah, l'analyse des variances de la densité pour les différentes campagnes montre aussi une hétérogénéité.

Ainsi toutes ces stations sont hétérogènes. En d'autres termes, comme objet statistique, elles n'appartiennent pas au même ensemble. Ça ne sert donc à rien d'en augmenter le nombre. Nous aurons toujours un ensemble hétérogène, mais plus grand. Cette hétérogénéité étant un fait incontournable.

Le rapport 2012 reprenait aussi cette constatation.

En ce qui concerne la densité, la série historique apparaît comme étant divisée en deux : une partie avec des valeurs hautes 2007-08-09-10a et une partie avec des valeurs basses 2010b-11a-11b-12a et 12 b. Mais la méthode est sensible à la position des poissons par rapport à la ligne de transect et surtout la position des bancs comme les bancs de Caesio par exemple qui sont très mobiles à l'échelle du transect.

Autre exemple, les bancs ou nuages de Pomacentridés qui peuvent se placer plus ou moins loin du transect et dont le recrutement est plus ou moins récent. Ils sont donc également responsables d'une part importante de ces variations sans pour autant faire varier grandement la biomasse.

➢ BIOMASSE en gramme de poissons listés sur la liste restreinte par m^2

Rappel : la Biomasse s'exprime en en grammes de poissons /m2 par *transect* et selon la liste restreinte, les coefficients de Kulbicki sont utilisés pour transformer la taille des individus observés en poids (selon la méthodologie règlementaire 2006 et CCB).

$$Wi = a l i^b$$

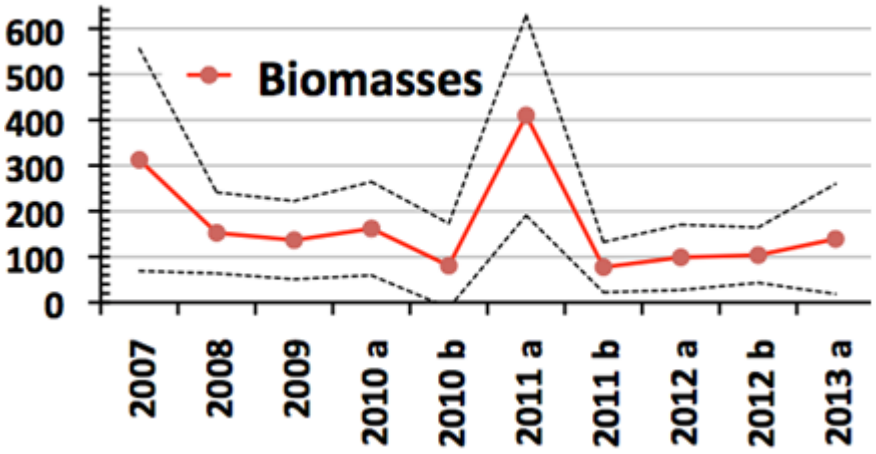
Wi = poids
li= longueur du poisson
a et b sont des variables mises au point par Kulbicki & Al pour environ 350 poissons du lagon (En annexe dans les rapports intégraux).

Tableau 30: Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes par station sur toutes les campagnes

Stations / Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
Ilot CASY	*14,86*	*6,68*	*13,08*	*5,79*	*2,30*	*1,01*	*3,97*	*0,82*	*2,72*	26,75
CREEK	5,46	26,05	6,73	6,71	4,23	60,95	100,16	23,17	20,09	45,07
Le PORT	14,73	14,05	4,55	5,13	1,26	19,13	1,50	0,80	1,62	1,14
WOODIN	408,31	267,8	456,26	460,91	38,60	730,66	65,36	446,85	105,52	87,47
Banc IORO	47,65	57,97	315,96	93,78	37,89	661,47	41,01	51,11	99,73	130,43
IONONTEA	1322,4	385,65	226,52	487,76	92,96	687,65	76,87	151,77	353,11	760,11
Banc B. CHB	155,24	146,76	57,4	84,96	103,51	855,00	71,29	175,75	179,16	175,08
Point PUKA	67,39	87,54	53,22	57,64	11,73	28,27	39,78	4,93	7,00	27,28
Banc KIE	607,71	273,92	62,69	303,36	10,62	593,06	118,86	96,25	99,46	40,63
Ilot KIE	881,82	451,97	291,1	298,4	576,45	1014,91	357,27	73,27	220,07	259,09
Récif TOEMO	174,47	61,85	79,63	75,42	75,08	188,39	38,56	110,94	108,09	60,53
Ilot UGO	*49,43*	*49,43*	73,03	63,58	13,93	79,86	14,12	52,08	49,33	57,85
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Moy.	336,37	161,84	136,68	161,95	80,71	410,03	77,40	98,98	103,83	139,29
Ecart type	433,55	157,78	148,28	177,31	160,26	379,75	95,42	123,90	105,06	208,80
Int. de conf ±	274,20	99,79	89,41	106,92	92,53	219,25	55,09	71,53	60,66	120,55
Coef. de Var	**1,29**	**0,97**	**1,08**	**1,09**	**1,99**	**0,93**	**1,23**	**1,25**	**1,01**	**1,50**

$F_{obs} > F_{0,95}$

Figure 64 : Biomasse. Toutes les stations confondues



k_1=	9
k_2=	110
F_{obs} =	3.62
$F_{0,950}$ =	1.96
$F_{0,996}$=	3.65

Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots : Lot 1 : Stations de la baie de Prony et Lots 2 : celles situées dans la Canal de la Havannah.

- Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la biomasse pour les différentes campagnes montre une similarité, à une valeur de F à 0.950.

En effet $F_{obs} < F_{0,\ 95}$ Sous un regard quantitatif, les stations de la Baie de Prony apparaissent homogènes. Elles sont en fait toujours pauvres quelles que soient les espèces que l'on y trouve et, de plus, les grosses espèces y sont souvent à l'état de juvéniles, cela donne un lissage de la biomasse.

- Pour les 9 stations du Canal de la Havannah, l'analyse des variances de la biomasse pour les différentes campagnes montre une hétérogénéité. $F_{obs} > F_{0,\ 95.}$ Ainsi toutes ces stations sont hétérogènes. En d'autres termes, comme objet statistique, elles n'appartiennent pas au même ensemble. Cela ne servirait donc à rien d'en augmenter le nombre. Nous aurons toujours un ensemble hétérogène, mais plus grand. Cette hétérogénéité étant un fait incontournable.

- **BIODIVERSITE n°1**

Nous ne considérons ici que les espèces repérées figurant dans la liste restrictive du cahier des charges. La portée informative de cette liste volontairement limitée sur des espèces cibles est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité. (Une étude plus poussée de la biodiversité sur liste exhaustive est présentée au paragraphe suivant et dans le rapport intégral).

L'analyse des variances de la biodiversité globale pour les 8 campagnes montre une similarité. (Valeur de F).

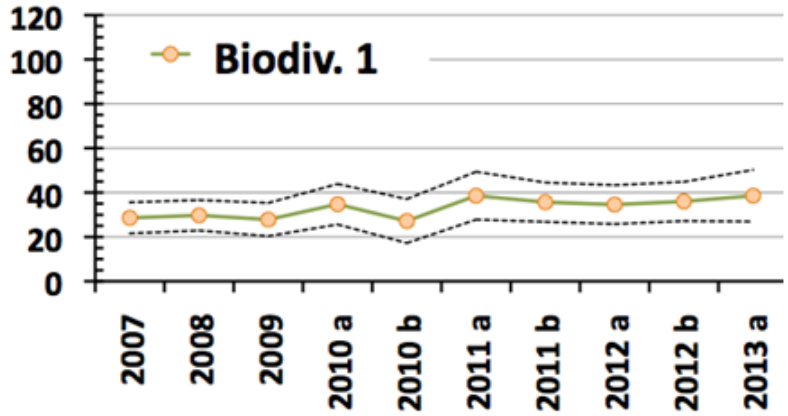
Tableau 31: Analyse des biodiversités par station sur toutes les campagnes

L'analyse des variances de la biodiversité 1 (espèces liste restreinte, sur les transects)

Stations / Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
Ilot CASY	16	9	11	13	11	12	13	9	12	18
CREEK	6	12	9	10	8	13	16	14	16	8
Le PORT	15	14	9	10	11	16	13	14	18	13
WOODIN	37	39	35	54	26	64	42	51	48	47
Banc IORO	22	30	44	42	24	56	43	36	41	48
IONONTEA	45	41	31	44	37	51	46	44	53	80
Banc B. CHB	33	44	29	45	38	46	43	44	53	46
Point PUKA	28	30	28	29	14	26	33	27	23	26
Banc KIE	36	32	35	34	28	39	48	45	37	43
Ilot KIE	46	37	49	52	67	59	58	52	53	57
Récif TOEMO	29	39	31	43	44	51	48	45	44	42
Ilot UGO	28	28	23	41	18	30	25	34	34	35
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Moy.	28,45	29,73	27,83	34,75	27,17	38,58	35,67	34,58	36,00	38,58
Ecart type	12,71	12,46	12,97	15,81	17,17	18,67	15,35	15,16	15,30	20,19
Int. de conf ±	8,04	7,88	7,82	9,54	9,91	10,78	8,86	8,75	8,83	11,66
Coef. de Var	0,45	0,42	0,47	0,45	0,63	0,48	0,43	0,44	0,42	0,52

k_1=	9
k_2=	110
F_{obs} =	1.06
$F_{0,95}$ =	1.96

Figure 65: Biodiversité toutes stations avec intervalle de confiance



Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots : Lot 1 : Stations de la baie de Prony et Lot 2 : Stations situées dans la Canal de la Havannah.

- Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la biodiversité pour les différentes campagnes montre une similarité, à une valeur de F à 0.950. $F_{obs} < F_{0,\,95}$
- Pour les 9 stations du Canal de la Havannah, l'analyse des variances de la biodiversité pour les différentes campagnes montre une hétérogénéité. $F_{obs} > F_{0,\,95}$

Les données quantitatives sont obtenues sans répliqua et sont donc sans intervalle de confiance calculable.

Les stations ne peuvent donc être comparées individuellement, (ni entre elles, ni d'une année sur l'autre).C'est pour cette raison que l'on prend le domaine entier ou, de façon plus pertinente, le domaine de la baie du Prony et le domaine du canal de la Havannah.

Seule la considération de l'ensemble des stations de la zone comme une série statistique permet le calcul d'un intervalle de confiance. Avec ce subterfuge la comparaison temporelle de la zone (et uniquement temporelle) peut alors être faite. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par l'hétérogénéité des stations et les fortes variances que cette hétérogénéité entraîne.

Tableau 32: Récapitulation des résultats quant aux tests d'homogénéités selon les années et selon les stations.

Récapitulatif de la comparaison temporelle

Ho = Hypothèse d'égalité des variances. i.e. homogénéité des années					
	Paramètres testés	**Densité**	**Biomasse**	**Biodiversité 1**	**Biodiversité 3**
Prise en compte ….	de toutes les stations	**Refusée ***	**Refusée ****	**Acceptée *****	**Refusée *****
	des stations de Prony	**Refusée ***	**Refusée ****	**Acceptée *****	**Refusée ****
	des stations de la Havannah / Woodin	**Refusée ***	**Refusée ****	**Refusée ****	**Refusée *****

Récapitulatif de la comparaison spatialle

Ho = Hypothèse d'égalité des variances. i.e. homogénéité des stations					
	Paramètres testés	**Densité**	**Biomasse**	**Biodiversité 1**	**Biodiversité 3**
Prise en compte ….	de toutes les stations	**Refusée *****	**Refusée *****	**Refusée *****	**Refusée *****
	des stations de Prony	**Acceptée ***	**Refusée ***	**Acceptée ****	**Refusée ***
	des stations de la Havannah / Woodin	**Refusée *****	**Refusée *****	**Refusée *****	**Refusée *****

Les analyses précédentes sur la densité et la biomasse montrent une importante dissemblance entre la variance entre colonnes et la variance globale du tableau. Cela traduit de grandes fluctuations dans les résultats interannuels ou inter-semestriels.

- En ce qui concerne la densité, la série historique apparaît comme divisée en deux : une partie avec des valeurs hautes (2007-08-09-10a) et une partie avec des valeurs basses (depuis 2010b). Rappelons que la méthode du TLV est sensible à la position des poissons par rapport à la ligne de transect et surtout sensible à la position des bancs, comme les bancs de Caesio par exemple qui sont très mobiles sur le transect. Autre exemple, les bancs ou nuages de Pomacentridés peuvent d'une part se placer plus ou moins loin du transect ou plus ou moins haut dans la tranche d'eau et d'autre part être le résultat d'un recrutement plus ou moins récent. Ces derniers sont donc également responsables d'une part importante des variations de densité sans pour autant faire varier sensiblement la biomasse.

- En ce qui concerne la biomasse cette même ségrégation des résultats ne se retrouve pas. La biomasse est un paramètre sensible essentiellement aux grosses espèces - souvent à un seul individu - qui sont, ou non, attirées sur les transects, soit par le plongeur, soit comme en 2011a par des bancs de Sprats. La présence conjoncturelle d'une loche ou de 2 ou 3 carangues plus ou moins proches du transect modifient considérablement ce paramètre, sans pour autant faire varier sensiblement la densité.

- **Test de X^2 de rangs Kruskal-Wallis**

Sous l'angle de vue temporel la biomasse et la biodiversité sur la zone apparaissent stables d'année en année. En revanche, le test sur les densités montre une distribution contrastée.
Sous l'angle de vue spatial l'hypothèse Ho d'homogénéité est rejetée pour les 3 paramètres.

- **Test de X^2 de rangs Friedman**

Le test de Friedman a donc sans doute dans notre cas plus d'intérêt que celui de Kruskal & Wallis (raisons explicitées dans le rapport intégral en annexe).
Il permet de s'assurer que les variations observées d'année en année au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard, et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.

- **Indice « poissons » Indice Global Annuel (IGA) et Indice Annuel par Station (IAS)**

L'expert propose le calcul d'indices synoptiques calculés à partir d'une échelle de cotation allant de 1 à 4 et associé à un code couleur :

ECHELLE DE COTATION
De 1 (le moins bon, couleur rouge) jusqu' à 4 (le meilleur couleur bleu)

Indice moyen	1 à 1,50	1,75 à 2,25	2,50 à 3,00	≥ 3,25
Codes				

L'Indice Global Annuel (IGA) pour comparer les années entre elles
Ou bien :
L'Indice Annuel d'une Station (IAS) pour comparer une station avec une autre ou bien l'évolution sur une même station

IG est la moyenne des 3 valeurs obtenues en pondérant la cotation de la diversité par deux :

IG = (Densité+Biomasse+2*Biodiversité)/4

Sous l'angle ichtyologique (poissons) cette cotation permet de « noter » ainsi les stations :

Tableau 33 : Classement des années

Par année	Indices			
	Dens.	Biom.	Biodiv.(1)	IGA
2007	3	3	2	2,50
2008	3	2	2	2,25
2009	3	2	2	2,25
2010 a	3	2	3	2,75
2010 b	2	1	2	1,75
2011 a	2	4	3	3,00
2011 b	2	1	3	2,25
2012 a	2	1	3	2,25
2012 b	2	2	3	2,50
2013 a	3	2	3	2,75

Ces derniers résultats de 2013 a sont globalement bons **+**. Ils sont équivalents à ceux de 2010a et viennent au deuxième rang derrière les résultats de 2011a.

La méthodologie n'est pas validée ni évoquée dans le cahier des charges du plan de suivi des poissons selon les prescriptions réglementaires, mais ce travail supplémentaire est un « plus » qui permet de mieux suivre de façon synthétique la santé des populations de poissons et de suivre les évolutions spatiales et dans le temps, suivis après suivis.
Cf. le chapitre 6.3.2 du rapport intégral en annexe de ce bilan.

Figure 66 : IAS par stations et classement des stations par IAS en 2012 pour comparaison

IAS = Indice Annuel par Station

Par station	Indices 2013 a				Rappel de l'IAS	
	Dens.	Biom.	Biodiv.(1)	IAS	2012 b	2012 a
Ilot CASY	2	3	4	3,25	1,75	1,50
CREEK	4	4	2	3,00	2,75	3,00
Le PORT	1	1	3	2,00	2,50	1,95
WOODIN	3	1	4	3,00	3,50	3,50
Banc IORO	2	2	4	3,00	2,50	2,50
IONONTEA	3	4	4	3,75	3,50	3,50
Banc B. CHB	3	2	4	3,25	3,25	3,00
Pointe PUKA	1	1	2	1,50	1,75	1,75
Banc KIE	4	1	4	3,25	3,00	3,00
Ilot KIE	4	3	4	3,75	4,00	4,00
Récif TOEMO	2	1	4	2,75	3,00	3,00
Ilot UGO	2	1	3	2,25	1,75	2,00

Pour les poissons 2013 a est une année « bonne (+) » pour la zone étudiée

Une synthèse selon des indicateurs ainsi développés peut être une aide dans les limites de cet outil.

Il est très important de pérenniser la méthodologie une fois celle-ci établie, si un tel indicateur venait à être choisi, car c'est en fidélisant les échantillonneurs (surtout s'ils ont un degré d'expertise reconnu scientifiquement en halieutique / ichtyologie et traitement statistique des données et s'ils participent à la fois aux plongées et à l'élaboration raisonnée de leur rapport), et en stabilisant la méthodologie que l'on pourra réduire les bais et intervalles de confiances pour un suivi de l'évolution temporelle

Synthèse conclusive sur l'évolution temporelle (POISSONS) entre 2007 et avril 2013

Compte tenu de l'importance des intervalles de confiance ces résultats quantitatifs sont à considérer comme stables depuis 2007.

La mission 2013a montre globalement de bon indices sur l'ichytofaune, mais :

Une analyse plus fine montre que la station ST08 de Puka a subi des stress qui ont fait diminuer son indice « poisson » IAS.

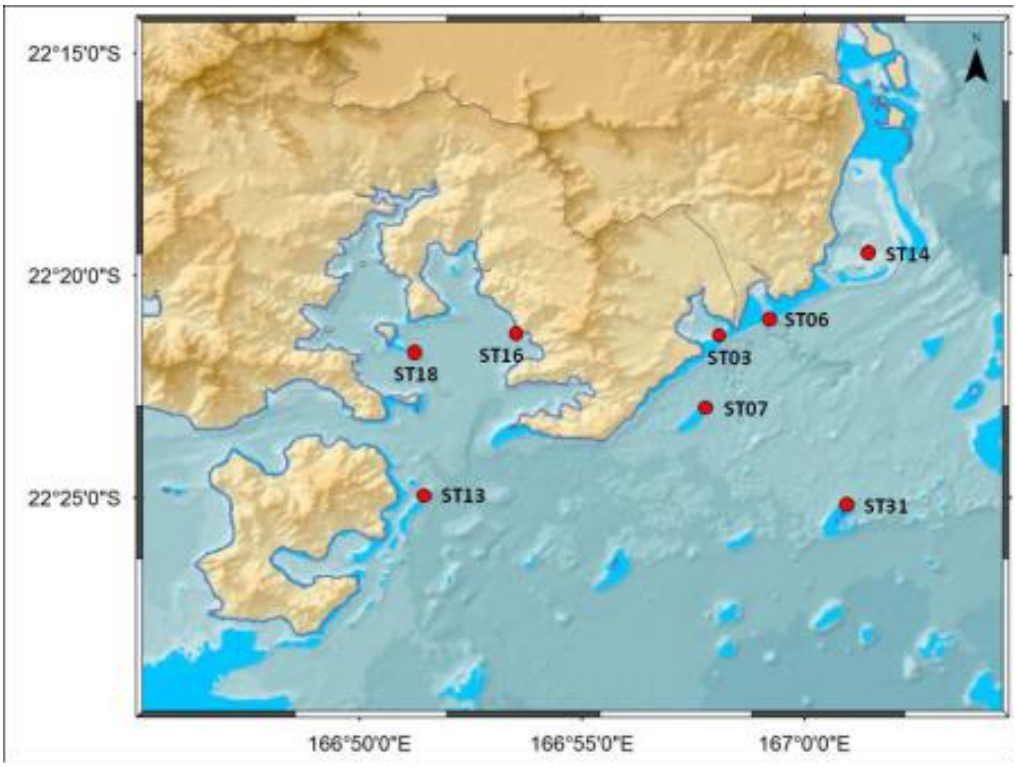


A surveiller : la station ST08 qui, dès septembre, va faire l'objet d'une mission d'évaluation renforcée.

3.2.3. Suivi des bio-indicateurs transplantés (le caging)

Huit cages contenant les algues et les coquillages bio- accumulateurs sont mise en eau pour 3 mois niveau des points montré ici dessous en rouge et selon la méthodologie décrite précédemment et validée.

Figure 67: Rappel de la position des cages pour la croissance des algues et des bivalves transplantés dans une d'une cage de croissance par 10 m de profondeur



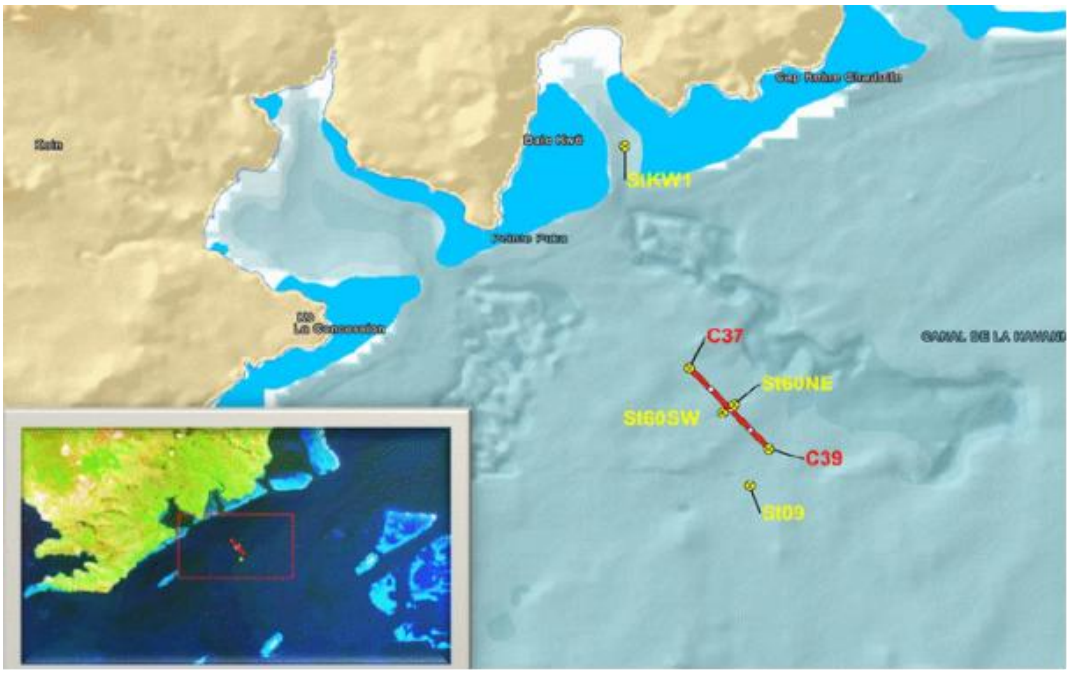
La campagne d'immersion des cages est en cours. Elles ont bien été installées et nettoyées et vérifiées en juillet. Le rapport sur l'analyse des tissus des bio- accumulateurs et leur teneur en métaux sera communiqué en fin d'année 2013 ; ces analyses seront d'autant- plus intéressantes qu'elles intègreront les épisodes pluvieux intenses de début juillet puisque les cages étaient bien immergées durant cet épisode qui a affecté les fonds de baie.

3.2.4. Suivi des flux sédimentaires

Les flux sédimentaires sont suivis de part et d'autre de l'émissaire au niveau du diffuseur terminal (représenté par un trait rouge sur cette carte schématique) et dans le chenal d'entrée en baie de la Kwé .Il s'agit des lieux marqués par les points StKW1, St60SW et St60NE. KW pour « Kwé Ouest », SW pour Sud-Ouest de diffuseur et NE pour Nord - Est du diffuseur.
Le point St09 est une station de suivi de la qualité physico chimique de l'eau.

Le dispositif de collecte a été placé à 3 mètres au-dessus du fond. Cette cote est particulièrement importante à respecter pour les pièges mouillés à proximité du diffuseur pour que les orifices de collecte demeurent en contact avec l'effluent même lorsque les conditions hydrodynamiques des marées de vive-eau s'exercent. Ce prérequis est conforme aux résultats du traçage réalisé à la rhodamine-WT (Contrat AEL/Vale-NC n° 20233 ; Figure 2) ; la couche affectée par l'effluent n'étant que d'environ 5 m d'épaisseur en période de vive-eau, alors qu'elle dépasse amplement les 10 m par courants faibles (marées de morte-eau).

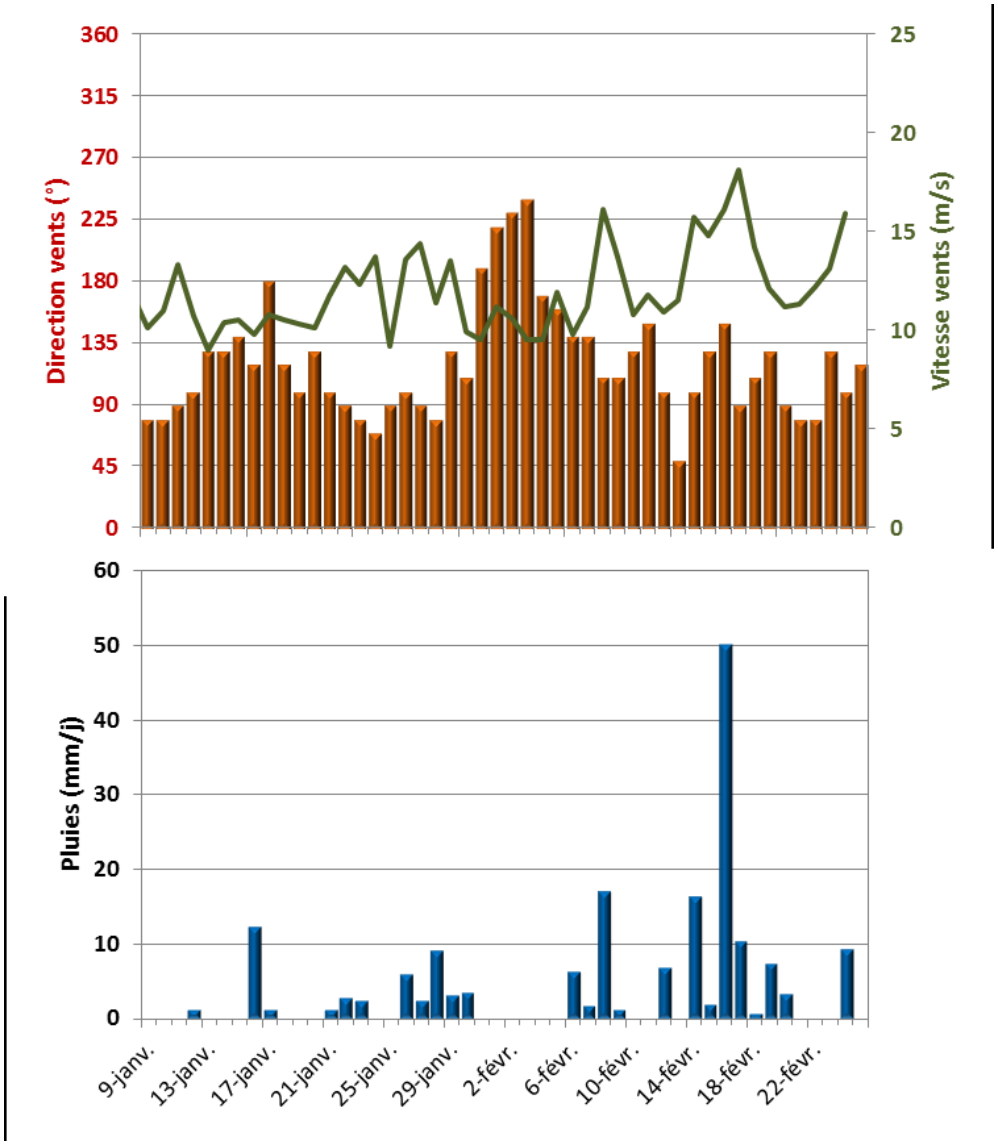
Figure 68: Rappel de la position des stations d'études des flux sédimentaires



Les résultats sont à corréler étroitement avec les conditions météorologiques : force et orientation des vents qui remettent des sédiments en suspension à l'entrée de la baie Kué et épisodes pluvieux.

Pour la campagne du premier semestre 2013 (la 4eme) :
La collecte des particules a été programmée pour débuter le 09 janvier 2013 à 00h00 avec un pas de temps par godet de 96 heures (4 jours) ; elle s'est terminée le 26 février à 00h00. Au total 12 échantillons de matériel particulaire ont été prélevés pour chacun des trois sites d'immersion.

Figure 69 : Paramètres météorologiques influant sur les flux de sédiments marins et leur remise en suspension, période de la campagne de collecte n°4 (9 janvier au 23 février 2013)



L'orientation des vents est importante car :

Les régimes de vents de secteur S dont la vitesse est supérieure à 10 m/s sont à eux seuls, capables de générer des structures néphéloïdes dans la baie Kué.
Ils remettent en suspension des sédiments de la passe de l'entrée de la baie et dans le chenal d'entrée, ils influencent donc la station StKW1 de suivi des flux.

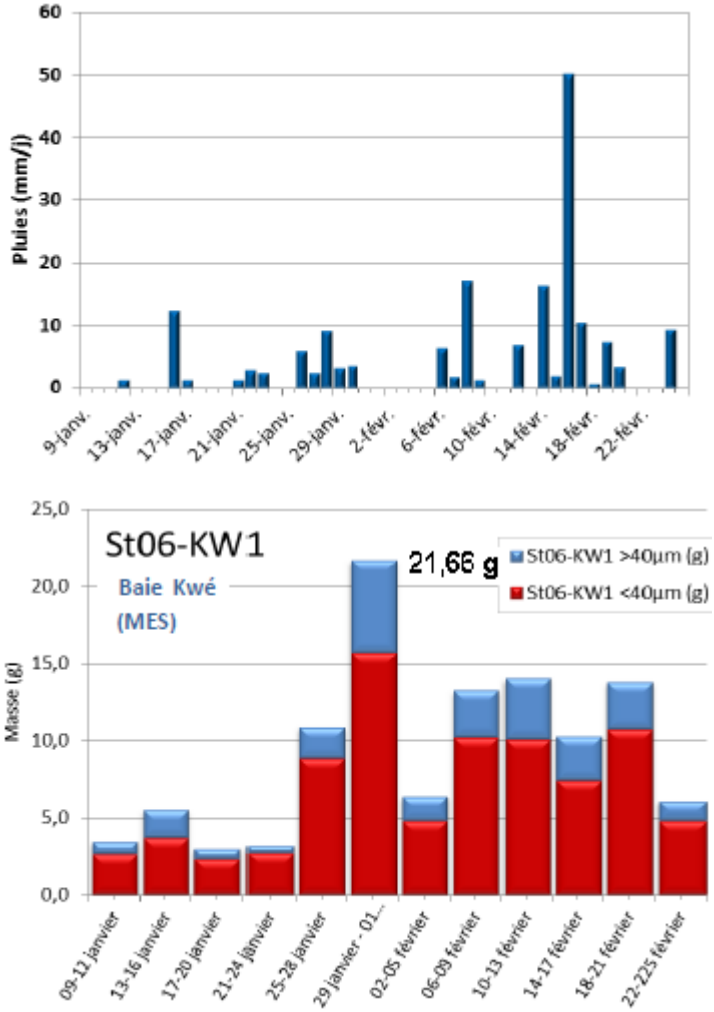
Dans le Canal, la formation de couches néphéloïdes semble plutôt être favorisée par les régimes météorologiques du secteur E-SE.

- ***BAIE KWE : Station St06-KW1***

Les précipitations atmosphériques du 17 février (50,1 mm) n'ont que très légèrement modifié les flux verticaux des particules au niveau de la Baie Kwé.

Les masses collectées montrent des valeurs très évolutives dans le temps (Figure 68). Elles se distribuent entre 3,00 g (17-20 janvier ; KW1-n°3) et 21,66 g (29 janvier-01 février ; KW1-n°6). Sur les 12 prélèvements, 9 dépassent les 5 g de matière, dans les 3 autres on mesure entre 3 et 4 g.

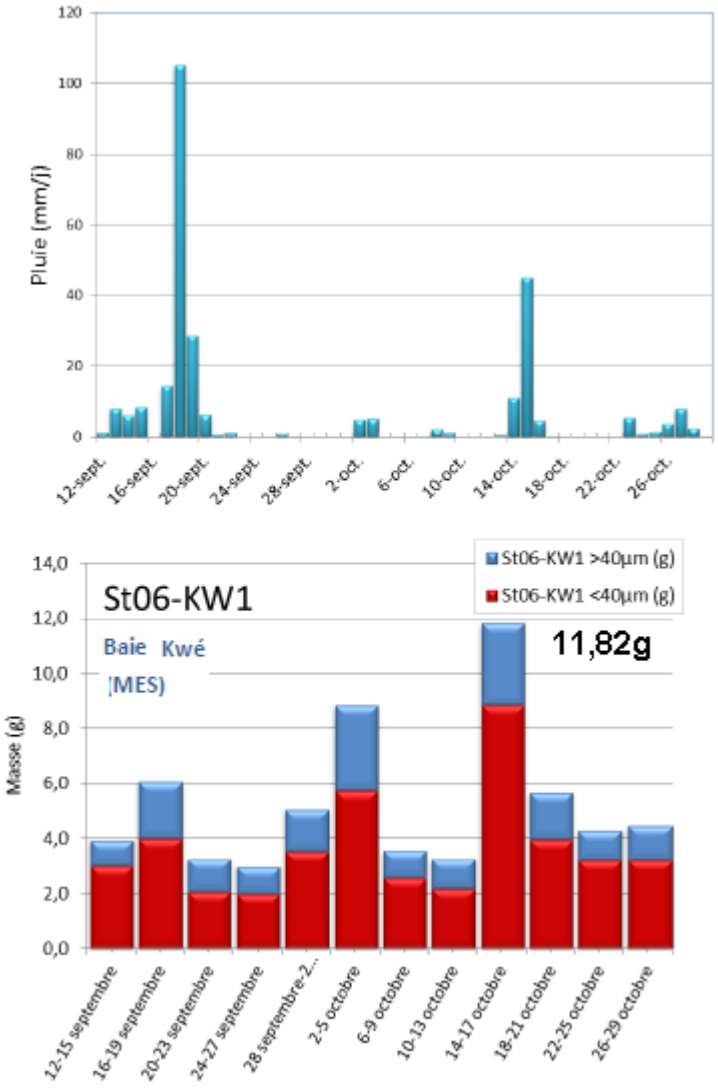
Figure 70 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 09 janvier au 26 février 2013 en Baie Kwé (St06-KW1). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm).



Le rapport du second semestre 2012 n'avait pas été présenté dans les bilans 2012, en voici le résultat des masses collectées en corrélation avec la pluviométrie

Les fortes précipitations atmosphériques du 18 septembre 2012 (105,2 mm) n'ont que très légèrement modifié les flux verticaux des particules au niveau de la Baie Kué.

Figure 71 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 12 septembre au 29 octobre 2012 en Baie Kwé (St06-KW1). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm).



Proportionnellement, la masse de fraction grossière oscille entre 14% et 32%.
La distribution des populations granulométriques ne permet pas de mettre clairement en évidence une variation temporelle des particules pour aucune des classes granulométriques étudiées.

Les MES sont composées d'une part de goethite, signature minéralogique des formations latéritiques, et d'autre part de calcite, calcite magnésienne (phase majoritaire) et d'aragonite, qui autant de signatures des influences marines ; l'aragonite étant un des constituants majeurs des coquilles d'invertébrés.

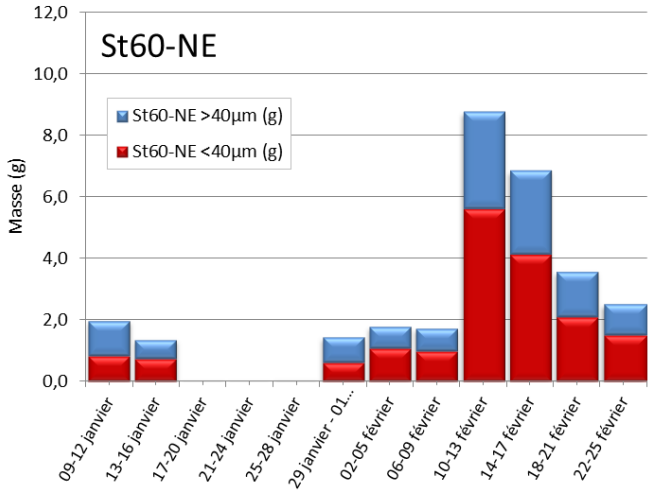
Les résultats d'analyses semi-quantitatives tendent à montrer que les proportions de chacune des phases minérales sont équivalentes d'un prélèvement à l'autre.
La composition des particules demeure identique aux trois campagnes réalisées antérieurement (juillet-août 2011, janvier-février 2012 et septembre- octobre2012).
Comparativement aux deux premières campagnes (janvier-février 2011 et juillet-août 2012), la goethite est présente en très faibles proportions, quant à l'hématite, elle n'a été décelable que dans les échantillons de la première campagne de juillet-août 2011.

En Baie Kué, les MES collectées sont constituées d'une fraction carbonatée qui reste majoritaire puisque celle-ci oscille entre 58,2 et 81,2 % la valeur moyenne observée étant de 66,9 ±8,4 %. Les teneurs maximales entrent en coïncidence avec les forts alizés de secteurs SE installés.

- ***CANAL DE LA HAVANNAH de part et d'autre du diffuseur***

Dans le Canal de la Havannah, la comparaison avec la campagne de janvier-février 2012 montre que les valeurs minimales sont exactement du même ordre (0,20 g) alors que pour les maximales, en 2013 les masses sont quasiment deux plus élevée (8,77 g et 5,39 g respectivement). Pour la station jumelle St60-SW, les quantités collectées (0,11 g à 10,71 g) sont relativement proches de celles de la campagne 2012 (0,17-6,67 g).

Figure 72 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 09 janvier au 05 au 26 février 2013 dans le Canal de la Havannah, au nord-est du diffuseur (St60-NE). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm)



Les précipitations atmosphériques du 17 février (50,1 mm) n'ont que très légèrement modifié les flux verticaux des particules au niveau de la Baie Kwé. Dans le Canal de la Havannah, aucune augmentation du flux n'est perceptible relié à cet événement

Les MES sont composés des mêmes minéraux qu'en St60-NE, comme la calcite, la calcite magnésienne et l'aragonite, principalement. De la même manière, ces minéraux mettent en évidence la dominance quasi-totale de l'influence marine, l'aragonite en particulier, étant un des constituants des coquilles des invertébrés.

La goethite, marqueur des apports terrigènes issus des formations latéritiques est présente dans des proportions identiques pour les 4 prélèvements.

- ***LA COMPOSITION GEOCHIMIQUE des matières en suspensions récoltées a été analysée.***

Les éléments analysés dans les MES de la Baie Kué ont permis de mettre évidence l'interaction des apports terrigènes (Co, Cr, Fe, Mn, et Ni) ainsi que marins (Ca).

- La matrice de corrélation met en évidence, une nouvelle fois, une grande similarité (seuil > 0,95) d'évolution des concentrations massiques inter-éléments pour Co, Cr, Fe et Ni. Cette similarité souligne que ces éléments métalliques appartiennent au cortège des formations latéritiques exploitées en amont du bassin versant.

- Les concentrations en calcium évoluent peu dans le temps mais la matrice de similarités montre qu'il existe bien une anti-corrélation entre celui-ci et les 5 métaux latéritiques.
- La normalisation des concentrations du calcium par le fer (Ca/Fe) souligne de manière notable les évolutions relatives distinctes des deux éléments qui représentent les pôles marins et terrigènes, respectivement.

Compte tenu de la constance des concentrations en calcium dans le milieu marin, les ratios Ca/Fe sont un indicateur pertinent qui permet de montrer que l'influence terrigène à la station St60-KW1 (baie Kué) :

- d'une part, semble plus importante en saison chaude en raison de l'ensemble des conditions hydro-climatiques ;
- d'autre part, parait s'accentuer notablement avec le temps En effet, les valeurs moyennes du rapport Ca/Fe, toutes saisons confondues, diminuent progressivement d'une campagne à l'autre passant de 3,17 ±0,5 (juillet-août 2011) à 1,95 ±0,33 (janvier-février 2013).

Il est à noter également que la valeur obtenue lors de la définition de l' « Etat de Référence » (2007/2008) était de 3,85 ±0,51 (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230).

Figure 73 : Evolution temporelle du ratio moyen Ca/Fe dans les MES collectées par piège à sédiment séquentiel au niveau de la station St06-KW1 de la baie Kué.

Ca/Fe	Janv-fév 2013	Sept-oct 2012	Janv-fév 2012	Juil-août 2011	2007-2008*
Moyenne	1,95	2,40	2,32	3,17	3,85
Ecart-type	0,33	0,31	0,18	0,50	0,51

(*) Valeurs obtenues lors de la définition de l'Etat de Référence.

Indicateur ratio Ca/Fe

Les éléments analysés dans les MES de le canal de la Havannah ont logiquement permis de mettre en évidence une influence marine très marquée (Ca). Toutefois, comme à l'accoutumé, les apports terrigènes (Co, Cr, Fe, Mn, et Ni) sont décelables, mais à des niveaux de concentrations respectifs bien moindres que dans les MES de la Baie Kué. L'influence des apports terrigènes n'est pas prépondérante dans ce secteur du Canal de la Havannah.

Le ratio Ca/Fe : Dans le Canal de la Havannah, la normalisation des concentrations du calcium par le fer oscille entre 10,0 et 13,3 et montre, d'une part, que les apports terrigènes sont faibles, et d'autre, part que ceux-ci ont été relativement constants au cours de la période.

Si ces observations démontrent que l'impact des apports terrigènes demeure modéré dans cette zone, quelle que soit la saison, il apparait toutefois assez clairement que les apports en particules latéritiques fines riches en métaux tendent à augmenter depuis la définition de l'Etat de Référence de 2007/2008.

Figure 74 : Evolution temporelle du ratio moyen Ca/Fe dans les MES collectées par le piège à sédiment séquentiel au niveau de la station St60-NE.

Ca/Fe	Janv-fév 2013	Sept-oct 2012	Janv-fév 2012	Juil-août 2011	2007-2008*
Moyenne	11,8	19,0	14,3	Perte	26,8
Ecart-type	1,0	2,7	2,4	piège	6,7

(*) Valeurs obtenues lors de la définition de l'Etat de Référence.

Figure 75 : Evolution temporelle du ratio moyen Ca/Fe dans les MES collectées par le piège à sédiment séquentiel au niveau de la station St60-SW.

Ca/Fe	Janv-fév 2013	Sept-oct 2012	Janv-fév 2012	Juil-août 2011	2007-2008*
Moyenne	11,7	17,3	13,9	31,3	26,8
Ecart-type	1,2	1,2	1,0	1,1	6,7

(*) Valeurs obtenues lors de la définition de l'Etat de Référence.

- ***Calculs des flux de matières***

Pour la Baie Kwé, entre juillet 2011 et janvier 2013, les flux moyen de MES sont compris entre 27,1 ±30,0 et 46,2 ±9,5 g/m²/j. Si aucun accroissement des flux ne semble vraiment notable, une tendance à l'augmentation parait tout de même se dessiner entre comparaison avec l'état des lieux *2007*

Pour le Canal de la Havannah, entre juillet 2011 et janvier 2013, les flux sont compris entre 3,5 ±3,0 et 12,7 ±15,4 g/m²/j. Les valeurs suivent une tendance à la hausse d'une saison froide/chaude à l'autre.

Les flux de MES indiquent une tendance à la hausse au niveau des flux.

Tableau 34 : Valeurs moyennes et écart-types des densités de flux en matière particulaire au niveau des stations St06-KW1 (Baie Kwé), St60-NE et St60-SW (Canal de la Havannah).

Valeurs calculées pour l'ensemble des 4 campagnes de juillet 2011 à janvier 2013 ; comparaison des valeurs obtenues avec celles mesurées en 2006 et 2007 pour la définition de l'Etat de Référence aux stations St06-KW1 pour la Baie Kwé et T4B, T4C et TCM) pour le Canal de la Havannah.

Baie Kwé (St06-KW1)

	nov-06	mars-07	juil-11	janv-12	sept-12	janv-13
Moyenne (g/m²/j)	14,6	28,3	27,1	39,5	26,4	46,5
Ecart-type	7,4	9,2	30,0	33,2	13,1	29,5
Masse sédimentée (g/m²)	700	1132	1299	1894	1267	2231

Canal de la Havannah (St60-NE et St60-SW)

	févr-07	nov-07	juil-11	janv-12	sept-12	janv-13
Moyenne (g/m²/j)	26,4	7,8	3,5	10,1	4,9	12,7
Ecart-type	33,2	7,7	3,0	9,6	6,5	15,4
Masse sédimentée (g/m²)	527	366	167	483	233	611

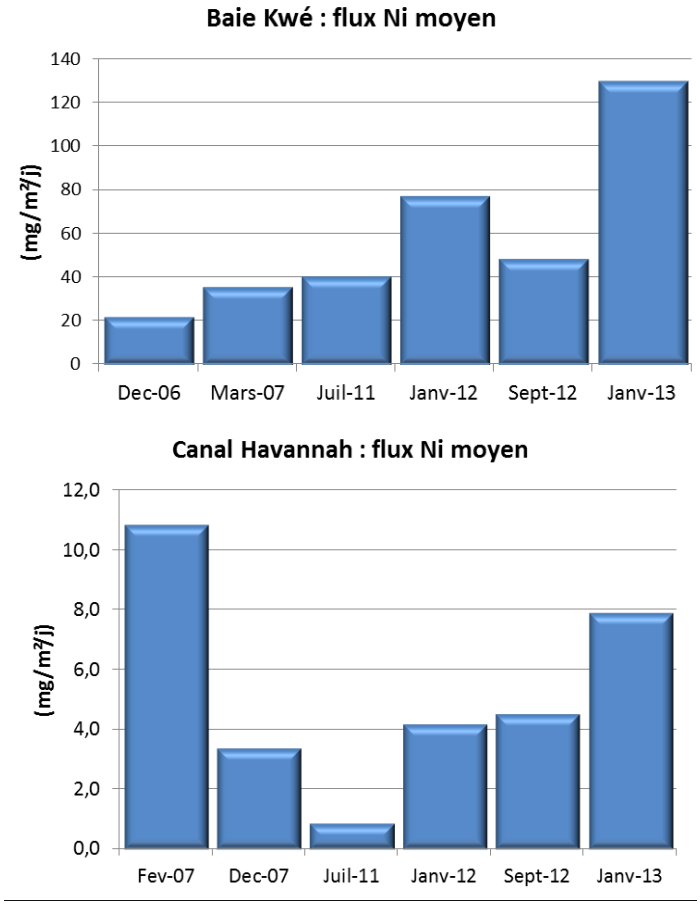
Pour la Baie Kwé, les valeurs moyennes des densités de flux en métaux totaux ont augmenté entre 2011 et 2013.

- **les valeurs maximales sont restées du même ordre de grandeur,**
- **les valeurs minimales quant à elles ont fortement progressé.**

Cette augmentation est explicitée par l'accroissement régulier des flux de matière terrigène particulaire de faible diamètre, donc de plus forte concentration spécifique en métaux ; ces apports étant liés au débit solide du creek Kwé.

Pour le Canal de la Havannah, une augmentation moyenne des densités de flux en métaux est également observée entre 2011 et 201. Cependant, et contrairement aux observations effectuées pour la Baie Kwé, l'accroissement des valeurs minimales, qui constituent le bruit de fond géochimique, ne semble pas être la raison principale, les masses d'eau étant cycliquement renouvelées par les courants provenant de la Passe de la Havannah.
Il faut probablement rechercher la cause dans l'augmentation de la fréquence des épisodes d'apports importants (fortes crues) qui prennent naissance dans la Baie Kwé.

Figure 76: Evolution temporelle des flux de nickel moyens (mg/m²/j) mesurés au niveau de la station St06-KW1 pour la Baie Kwé et des stations St60-NE + St60-SW dans le Canal de la Havannah depuis juillet 2011 et comparaison avec les valeurs observées en 2006/2007 (Etat de Référence).

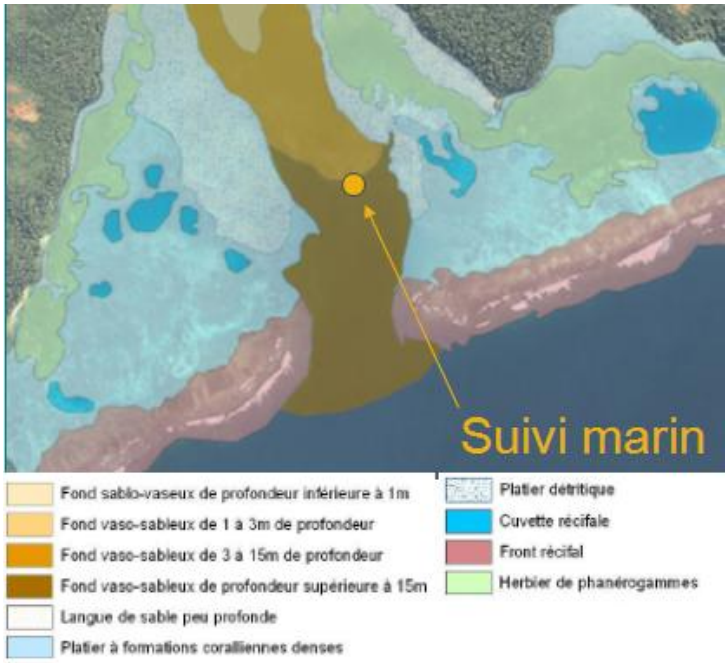


CONCLUSION

Les fortes précipitations atmosphériques (Ex : du 18 septembre avec 105,2 mm) n'ont que très légèrement modifié les flux verticaux des particules au niveau de la Baie Kué.
Les vents forts à modérés de secteur Sud, quant à eux, remettent les particules en suspension notamment celles d'origine marine (calcaire). Le rapport Ca/Fe augmente alors.

La station marine St KW1 placée dans la baie Kué (dans le chenal d'accès par 18 m de profondeur), n'enregistre par une forte accumulation sédimentaire au moment des épisodes pluvieux suivis. Ce n'est pas, à son niveau, le volume de sédiments déposés ou en mouvement qui change mais plutôt la signature de l'identité de ceux-ci. L'augmentation des flux de matière est continue, comme un bruit de fond en croissance, ces flux sont terrigènes et de particules de fin diamètre.

En fin d' année le bilan des taux de sédimentation donnera plus d'informations.



St06-KW1
166°59,140
22°20,747
18

En Baie Kwé (St06-KW1) :

- les concentrations des métaux analysés sont en hausse sensible (21 ±5 %) par rapport à celles de la campagne de la saison chaude précédente (janvier-février 2012).
  Plus généralement, ces valeurs montrent également une augmentation notable (60 ±20 %) par rapport aux résultats de l'Etat de Référence défini en 2007.

- Le ratio Ca/Fe diminue depuis 5 ans ; sauf en cas de vents de secteur Sud assez forts pour remettre en suspension des sédiments d'origine marine qui forment alors une couche turbide de fond et enrichissent les godets de prélèvement en Ca.

- Si envasement ou engravement de la rivière il y a, celui-ci a lieu en aval de ce point. Cependant le flux de matière de fin diamètre augmente suivant une hausse régulière.

Pour les stations du Canal de la Havannah (St60-NE et St60-SW), globalement, les concentrations ont augmenté de manière plus modérée (16 ±8 %), pour tous les métaux, sauf le cobalt dont la teneur décroit depuis septembre 2012. Toutefois, d'une manière générale, par rapport à l'Etat de référence de 2007, tous métaux confondus, l'accroissement est de 49 ±10 %.

Le ratio Ca/Fe est un indicateur à suivre.

Les compositions en métaux signent clairement l'origine latéritique des particules dans la Baie Kwé, alors que cette influence est très amoindrie dans le Canal, notamment en progressant vers l'ouest c'est-à-dire de de St60-NE à St60-SW. La station St60-SW semble moins influencée par les apports terrigènes que sa jumelle St60-NE.

Les rapports intégraux sont placés en annexe de ce document : le rapport du premier semestre 2013 ainsi que le rapport du second semestre 2012 qui n'avait pas été communiqué lors du bilan annuel de fin 2012.

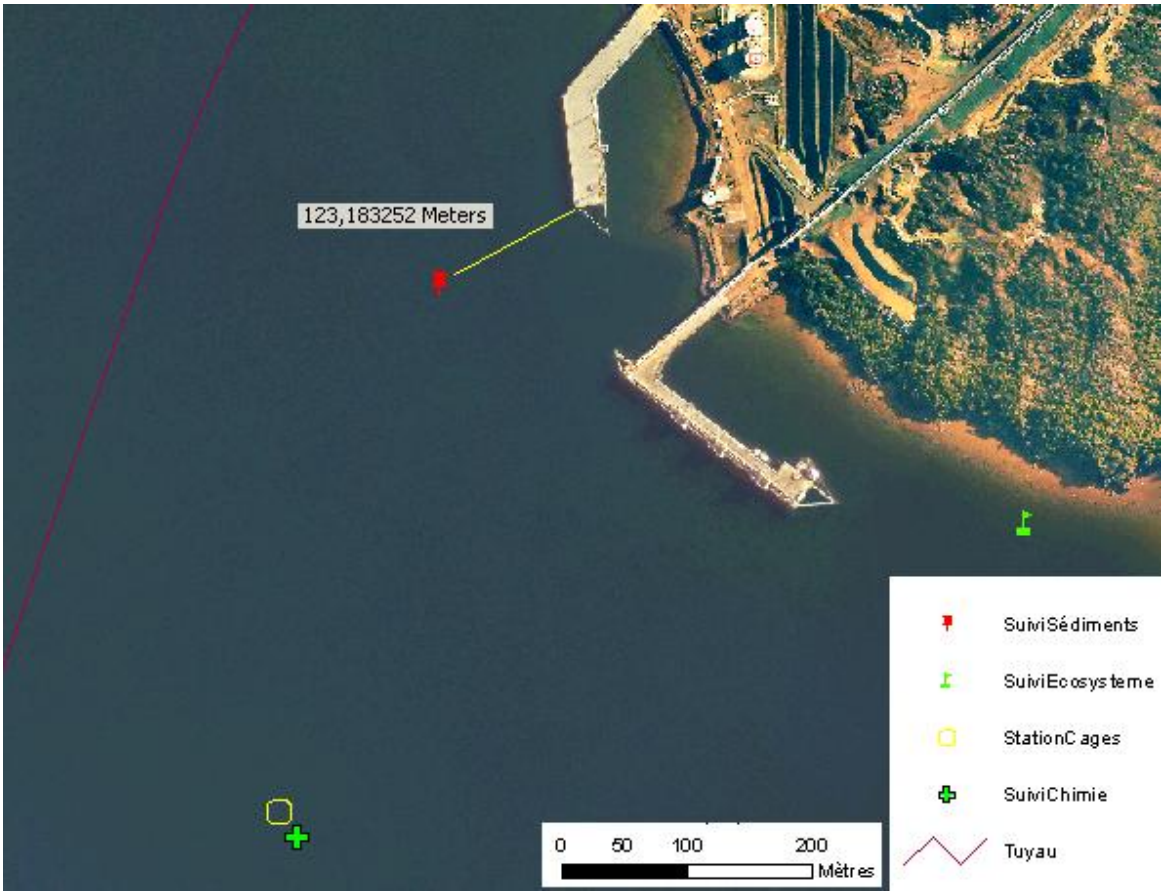
3.2.5. Suivi spécifique au port de Prony (St16). Qualité de l'eau et sédiments.

La station St16 du port de Prony est suivie de façon réglementaire via 4 familles d'indicateurs :

- La qualité de l'eau : au minimum 4 fois par an (les missions sont effectuées en **mars, mai, aout et novembre)** et
- Les sédiments : une fois par an pour le suivi sédimentaire.
- Les écosystèmes : la station de suivi des écosystèmes (ST 03) est suivie de façon semestrielle quant à elle (Cf. chapitre 3.2.2
- L'éventuelle accumulation d'éléments dans les bio-indicateurs (algues et coquillages filtreurs) est surveillée annuellement par *le caging*,). La cage doit être positionnée de façon à être évitée par les rotations des navires. Elle est immergée durant 3 mois en juin, juillet et aout. Le rapport est annuel,

Remarque : Il a été décidé de doubler la fréquence des suivis au niveau de la Station St15 du creek de la baie Nord, de façon volontariste par Vale NC, les résultats trimestriels de St 15 sont présentés avec ceux de St16, de façon globale et en fin d'année.

Figure 77: Rappel de la position des stations suivies au port de Prony



Le rapport spécial dédié au port est présenté en fin d'année. Les résultats de la qualité de l'eau au premier trimestre sont inclus dans le rapport sur la qualité de l'eau des 14 stations (port inclus en St16)

3.2.6. Suivi des sédiments sur les 14 stations (mission triennale sauf au port où elle est annuelle)

Le rapport sur le taux de sédimentation sera disponible en fin d'année.

3.2.7. Les conséquences des événements pluvieux exceptionnels du premier semestre 2013

JANVIER 2013 (FREDA)

Deux études d'investigations en milieu marin ont donné lieu à deux rapports :

- Rapport consécutif au passage de la dépression cyclonique Freda. 2013. Structure de la colonne d'eau dans la rade nord de la Baie du Prony. (Rapport du 2 mai AEL/LEA)
- Evaluation de l'état de santé du milieu marin. Zone du creek de la baie Nord et baie du Prony. 6ème mission / janvier 2013. (Aqua Terra/ Biocénose/Acrem).

Les faits :

Passage de la dépression cyclonique Freda le 3 janvier 2013 (Cf. chapitre météo 3.2.2 1)

Le 12 janvier, la brigade de surveillance de la Direction de l'Environnement (DENV) signale une mortalité anormalement élevée de spécimens Invertébrés marins, notamment des porcelaines et des holothuries, au Nord de la Baie Nord de la baie du Prony Il n'y a pas de signalement de poissons morts. Le cyclone Freda est passé depuis 9 jours.

Schéma 1 : Localisation de la zone qui ont attiré l'attention de la brigade de surveillance, d'après la communication de la DENV



Localisation des observations de la DENV et de la zone impactée

Un rapport de la DENV est émis le 12 janvier relatant ces constatations et un contact est alors pris avec le Département Environnement de Vale NC.

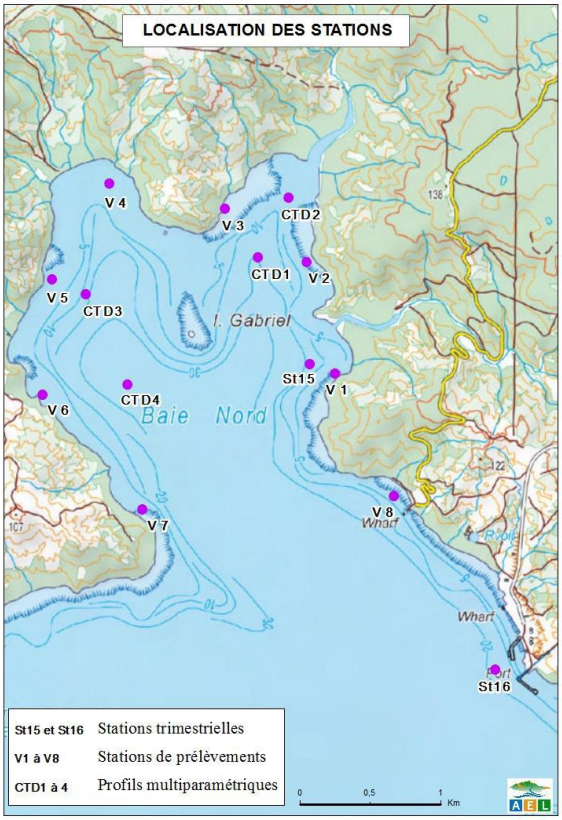
L'intervention du laboratoire AEL a été programmée, sur ordre de Vale NC, pour le 18 janvier et une équipe a été dépêchée sur les lieux pour réaliser des prélèvements et relevés afin d'assurer des analyses de la qualité de l'eau.
De même les plongeurs experts en biologie marine disponibles sont appelés pour effectuer une mission d'investigation sur zone ; Vale NC fait appel aux même spécialistes qui connaissent parfaitement la zone car ils ont déjà conduits 5 missions précédemment sur cette même baie..

Les résultats des investigations sur la qualité de l'eau (FREDA janvier 2013)

15 jours après le passage de FREDA la salinité est encore inférieure à la normale. Cette dessalure, qui atteint des valeurs de **31,9 à 33,6 ‰,** affecte une couche d'eau de plusieurs mètres d'épaisseur. (« Normalité » 35 ‰ Cf. . les profils de salinité ici dessous). Les niveaux de turbidité mesurés sont

dans la normale des valeurs enregistrées pour un fond de baie (Beliaeff, 2011), les sédiments sont en fin de phase de de décantation. Les profils de fluorescence soulignent un déficit de pigments chlorophylliens dans les 5 premiers mètres de profondeur. Les concentrations en Co et Ni sont quasiment toutes supérieures aux moyennes habituellement obtenues depuis la mise en place du suivi physico-chimique trimestriel, au droit du Creek de la Rade Nord (station St15).
Aucune efflorescence de dinoflagellés ou de cyanobactéries n'a été observée dans les 8 échantillons de matière en suspension collectée le 18 janvier 2013.

Schéma 2 : Localisation des points d'études de la qualité de l'eau et de prélèvements



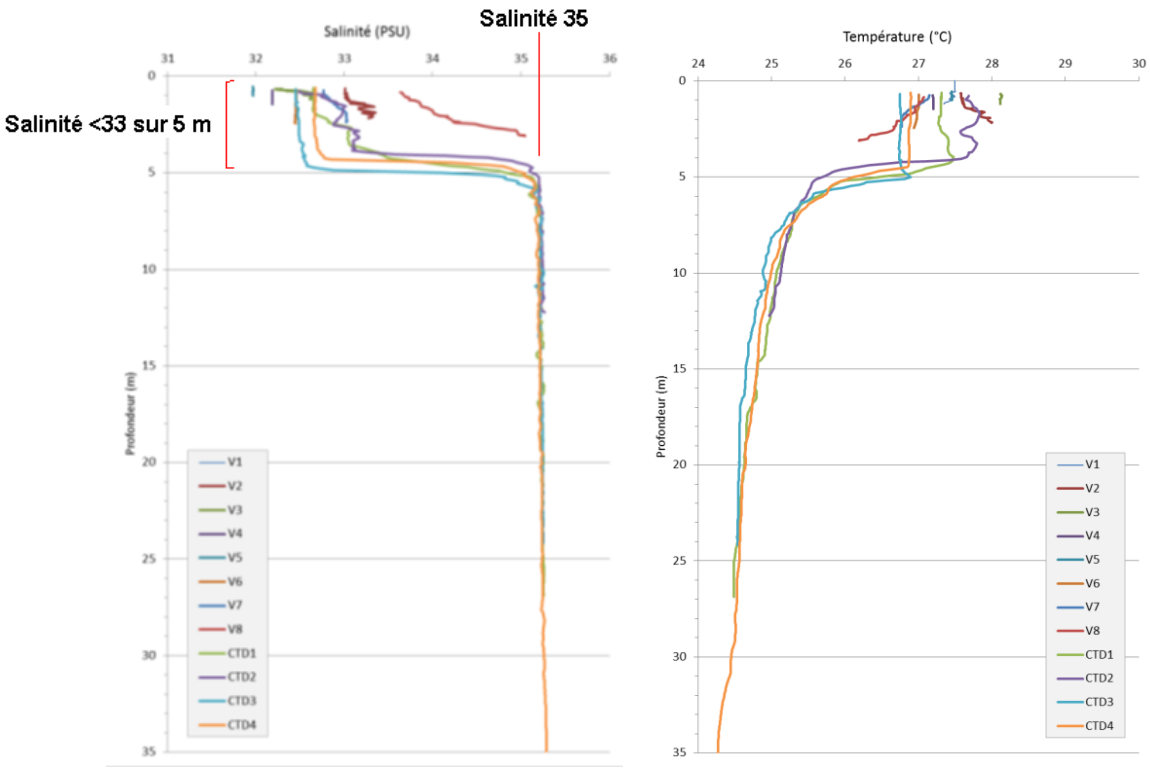
)

Conclusion :

Le passage de cette perturbation tropicale suivis de vents de secteur Sud > 30 nœuds a eu pour conséquences :

- d'apporter un **volume d'eau douce très important dans la Rade Nord par la rivière Kadji et le Creek de la Baie Nord.** Ce volume, estimé à partir des profils de salinité, peut représenter entre 10.106 et 15.106 m^3 (1,3 10^6 m^3 pour la seule contribution atmosphérique directe) ;
- de lessiver les bassins versants et d'injecter dans le lagon des masses conséquentes de particules arrachées aux sols latéritiques de surface ;
- de **bloquer les eaux douces dans la Rade Nord et de les confiner le long de sa côte Nord, poussées par les vents forts (> 30 nœuds) de secteurs Sud-Sud-Est à Sud-Est ;**
- les courant de marée dans ce secteur sont très faibles (<1 cm/s) et ne peuvent assurer un renouvellement des eaux comme l'a montré la récente modélisation du secteur E de la Baie du Prony (Fernandez et Douillet, 2012)

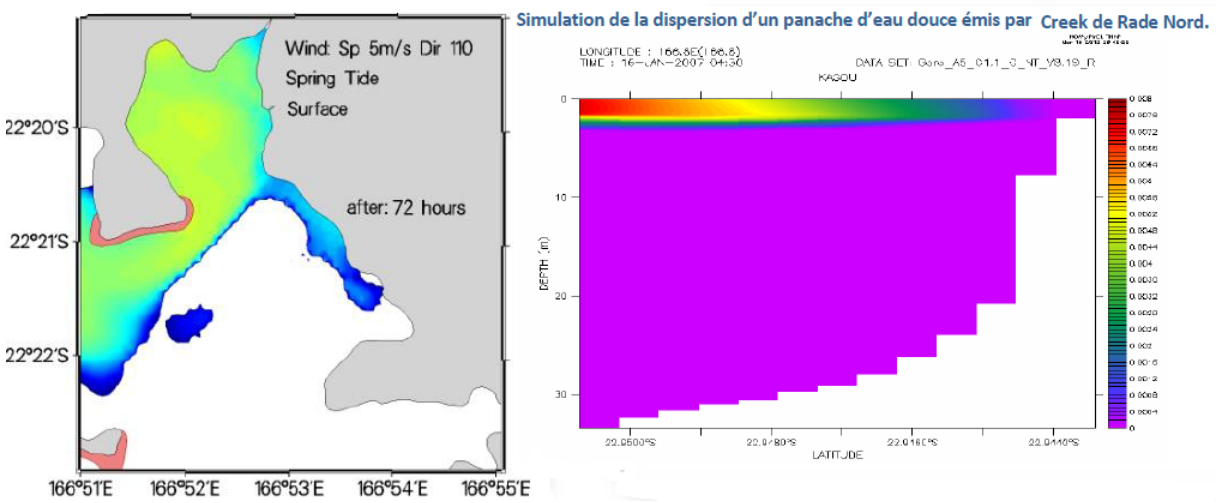
Schéma 3 : Profils de salinité (à gauche) et de température (à droite) aux 8 stations (V1 à V8) en baie Nord de la baie du Prony et aux 4 stations formant deux radiales



La lecture des profils multiparamétriques permet de mettre en évidence **une stratification très bien circonscrite et de grande ampleur puisqu'elle est encore bien visible 16 jours après le passage Freda.** A la profondeur de 5 m le changement de structuré est net : au-dessus eau encore dessalée et en dessous eau de salinité non affectée Des paramètres comme le pH et la teneur en oxygène dissous confortent cette idée en démarquant un peu plus la couche de surface avec une légère acidification et **une sursaturation en O2 dissous**, évolutions attribuables aux retombées atmosphériques (plus légèrement acides). La mesure de la turbidité et de la fluorescence, données souvent complémentaire montrent clairement l'existence de couches turbides en voie de décantation.

La modélisation hydrodynamique fine de la baie du Prony (études demandée par Vale NC/ Fernandez et Douillet, 2012) a montré qu'après un simple rejet d'eau douce par le Creek de la Rade Nord (débit moyen = 1 m^3/s) et sous l'effet des régimes des vents dominants d'Alizés modérés (10m/s de S-SE), le panache saumâtre est visible dans toute la rade 3 jours après. Toutefois, le panache est ensuite poussé vers le secteur Ouest de la rade par les Alizés et il s'évacue vers l'Ilot Casy. Cette modélisation suggère que le panache occupe **une couche d'une épaisseur de 3 à 4 mètres** ce qui est en parfait accord avec les observations réalisées sur le terrain.(schéma suivant).

Schéma 4 : Modélisation de la dispersion d'un panache d'eau douce apporté par le creek de la Baie Nord



Il est à noter que la dispersion verticale des eaux de pluie qui ont accompagné le passage de Fréda a probablement été fortement atténuée par la température plus élevée en surface des eaux de pluie, séparées par une nette thermocline de la couche sous-jacente. Le confinement des eaux en fond de baie par les vents de secteur Sud est un phénomène excpetionnel.

Les résultats des investigations sur les écosystèmes (FREDA janvier 2013)

La zone étudiée par les biologistes marins, spécifiquement suite aux forts épisodes pluvieux, en baie du Prony, est indiquée sur la carte suivante.

Schéma 5 : Zones évaluées par les biologistes marins suite au cyclone FREDA en juillet 2013



La zone 08 en baie du Carénage est une zone Témoins suivie depuis 2009

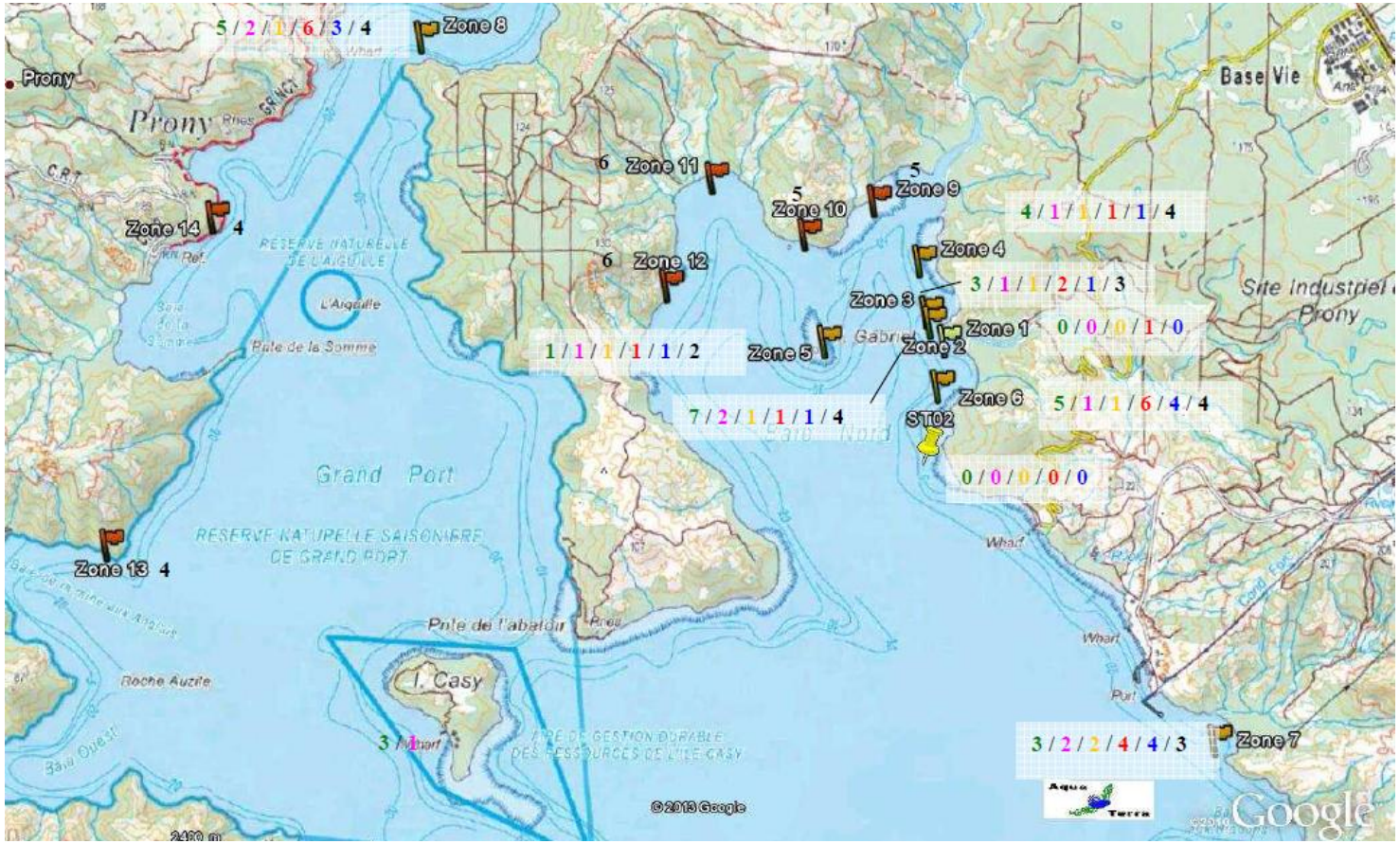
La carte suivante indique le taux de blanchissement corallien relevé sur chaque station inventoriée lors des 6 missions de surveillance conduites par les mêmes spécialistes entre 2009 et 2013.

Schéma 6 : Blanchissement corallien (estimation visuelle), sur une échelle de 10

Six missions entre 2009 et janvier 2013

Vert = avril 2009, mauve = juin 2009, jaune = décembre 2009, rouge = avril 2011, bleu = avril 2012, noir = janvier 2013

ST02 est la station fixe de suivi des écosystèmes marins suivie semestriellement depuis 2007



Il n'y a pas d'inflorescence de cyanobactéries. (Schéma n°7 suivant). Les cyanobactéries (formes dites « de pompon » et *Phormidium sp*.) se développent toujours en plus grande abondance sur le platier de la Zone 08, à l'embouchure de la baie du Carénage, à travers les colonies d'Acropora grandis et les débris coralliens. Cette constatation est faite depuis juin 2009.
L'étoile de mer dévoreuses de corail *Acanthaster planci* n'est pas observée et le suivi des étoiles de mer *Culcita* est présenté ci-dessous (Schéma n°8).

Schéma 7 : Evolution des Cyanobactéries sur la zone d'étude spéciale en baie du Prony

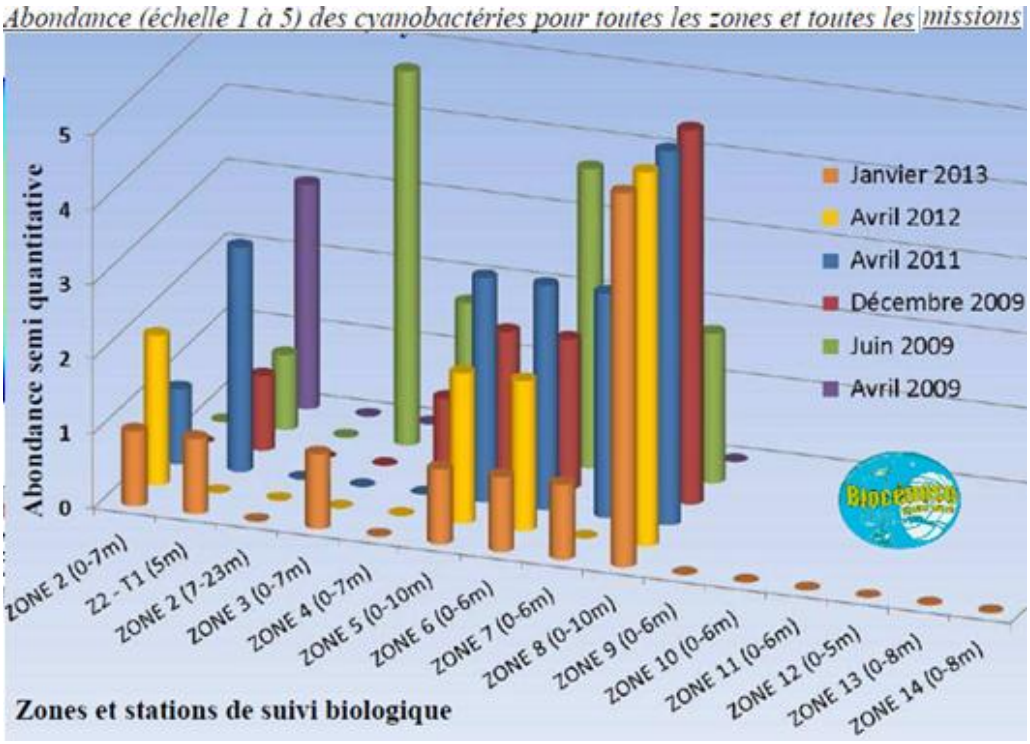
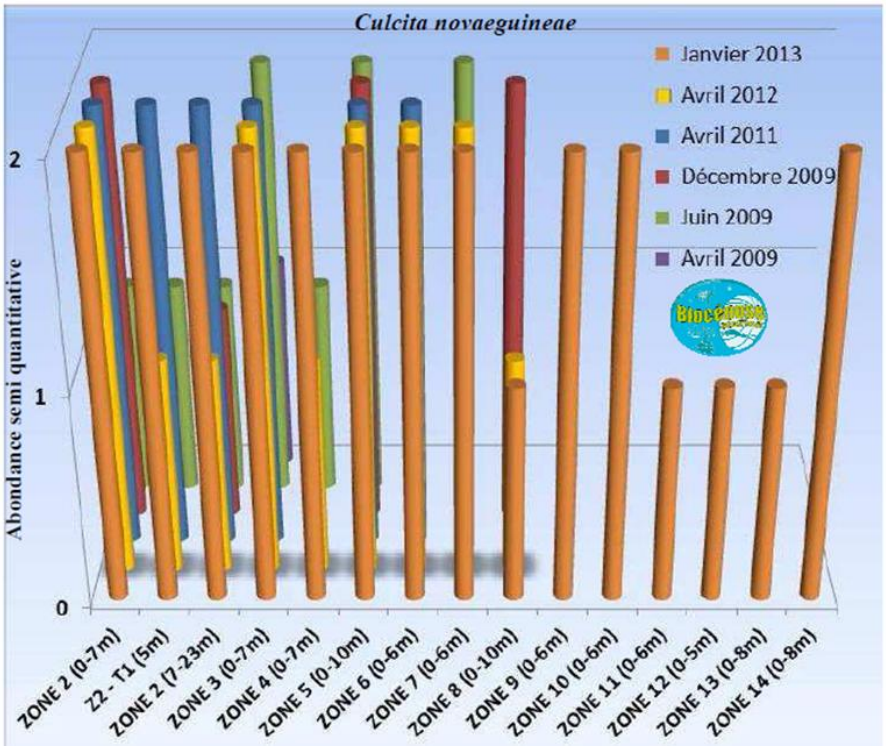


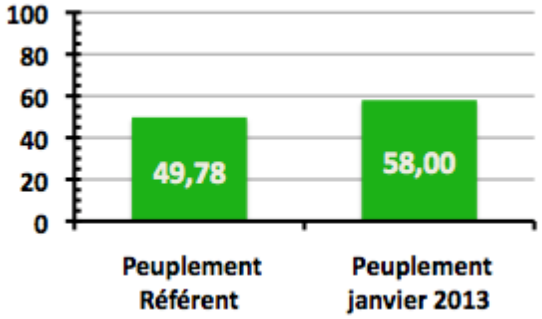
Schéma 8 : Suivi de l'étoile de mer Culcita novaeguinea en baie du Prony



Pour l'ichytyofaune (poissons) les zones littorales et particulièrement les baies sont classiquement des nurseries pour les poissons. Il convient donc de vérifier si cette fonction n'a pas été altérée par le cyclone Freda qui a causé une mortalité d'Invertébrés. Pour ce faire sont comparés les résultats 2013 avec les données sur les peuplements référents. La proportion de juvéniles semble s'être légèrement accrue en 2013 par rapport à celle du peuplement référent 2009-2012

Schéma 9 : Proportions des quantités moyennes de juvéniles dans le peuplement référent et dans

le peuplement de 2013



Conclusions :

Durant la mission de janvier 2013**, suite au cyclone FREDA, de grandes modifications dans la composition et la structuration des biocénoses benthiques (diversité, abondance, état de santé et répartition bathymétrique des organismes) ont été observées**, par rapport à celles enregistrées en avril 2012.
Les dégradations ont été observées dans le niveau bathymétrique supérieur entre 0 et 3 m de profondeur pour toutes les zones de suivi biologique de la baie du Prony. Cependant, ces dégradations ont été plus importantes et plus profondes pour les stations positionnées au Nord-ouest (Zone 11) et à l'Ouest (Zone 12 Carte en schéma 4) de la Baie Nord (respectivement entre 0-4 et 0-5 m de profondeur).

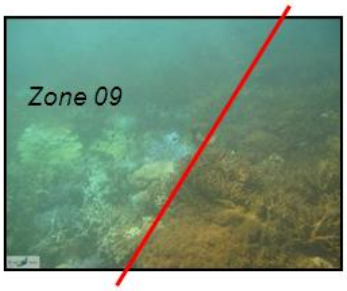
- Mortalité massive sur de nombreuses espèces de mollusques. Les espèces ayant le mieux résisté à la dessalure sont *Tridacna crocea*, *Isognomon isognomon, Arca ventricosa* et *Pedum spondyloideum* mais la plupart de ces spécimens n'ont pas survécu.
- Absence des nudibranches ;
- Absence des échinodermes (Oursins) vivants ;
- Pas de prolifération de cyanobactéries ni de d'espèces corallivores (à cette date) ;
- Blanchissement massif des coraux scléractiniaires et modéré des alcyonaires de surface.
- Sous 4-5m de profondeur, très peu d'anomalies biologiques ont été relevées et aucune colonie corallienne n'est blanchie. Le panache d'eau douce est resté en surface ce qui est cohérent avec l'étude précédente sur la qualité de l'eau et la modélisation.
- Les poissons ne montrent pas une affectation mais les biodiversités sont globalement 10 % plus faibles que les meilleurs jusque-là observées.
- La proportion des juvéniles n'est pas modifiée ou légèrement supérieure
- Les Chaetodons sont bien présents, y compris les espèces exclusivement corallivores

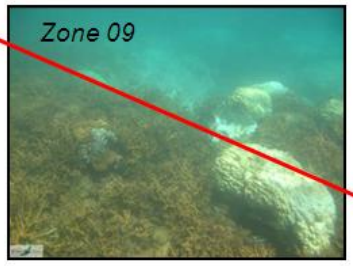
Les photographies suivantes montrent la délimitation en profondeur entre le panache d'eau dessalée « impactante » et les eaux plus profondes qui n'ont causé aucun effet.

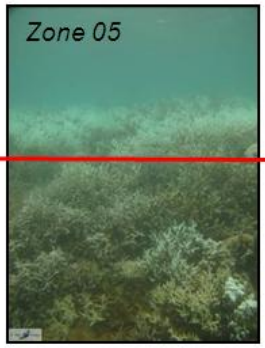
A la suite du passage de la dépression tropicale FREDA en janvier 2013 les organismes marins sessiles qui vivent sur les platiers peu profond et qui n'ont pas pu fuir la nappe d'eau douce de surface sont morts, cette nappe a été maintenue en fond de baies ouvertes au Sud par les vents persistants de secteur Sud à la suite des fortes pluies dépressionnaires, la baie de Port Boisé et d'autres baies calédoniennes ont connu ce phénomène qui n' est pas rare de par le monde. Les conchyliculteurs notamment le connaissent bien.
Les expertises des divers bureaux d'études concordent sur cette conclusion.

Photographies 1 : Baie du Prony suite au passage de Freda en janvier 2013. Zone de surface impactée, zone profonde non touchée. Mollusques morts notamment dans la zone de moins de 2m de profondeur.

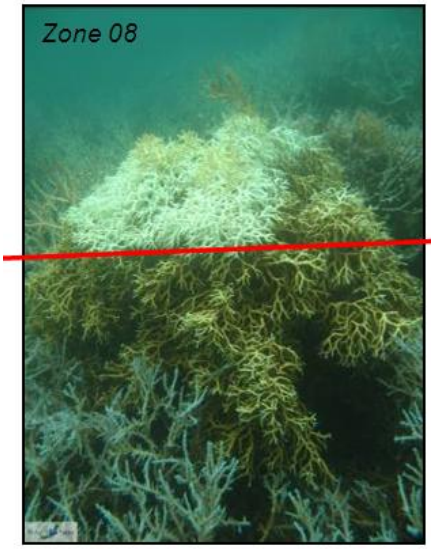
⇒ **Pour les zones de transition (2-3 m)**







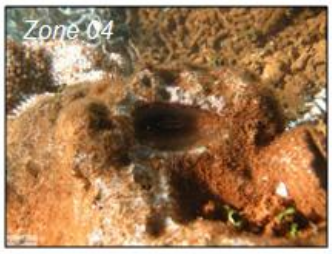
A la limite de profondeur autour des 2 m (selon les zones), où la masse d'eau dessalée a stagné, le changement dans l'état de santé des formations coralliennes est flagrant



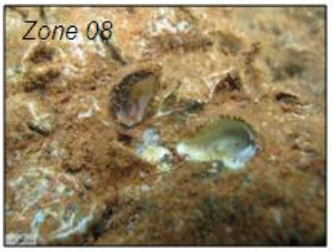
Cela est carrément marqué sur cette colonie de *Millepora* sp. dont le bas est en parfaite santé, alors que le haut est blanchi

Aqua Terra

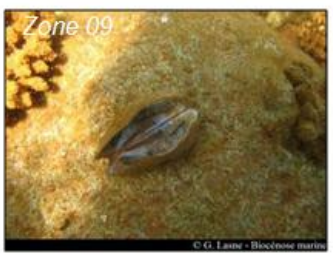
⇒ ***à des profondeurs < 2 m*** Mortalité de mollusques













JUILLET 2013 : épisode pluvieux exceptionnel des 2 et 3 juillet

Trois investigations mandatées par Vale NC ont donné lieu à trois rapports :

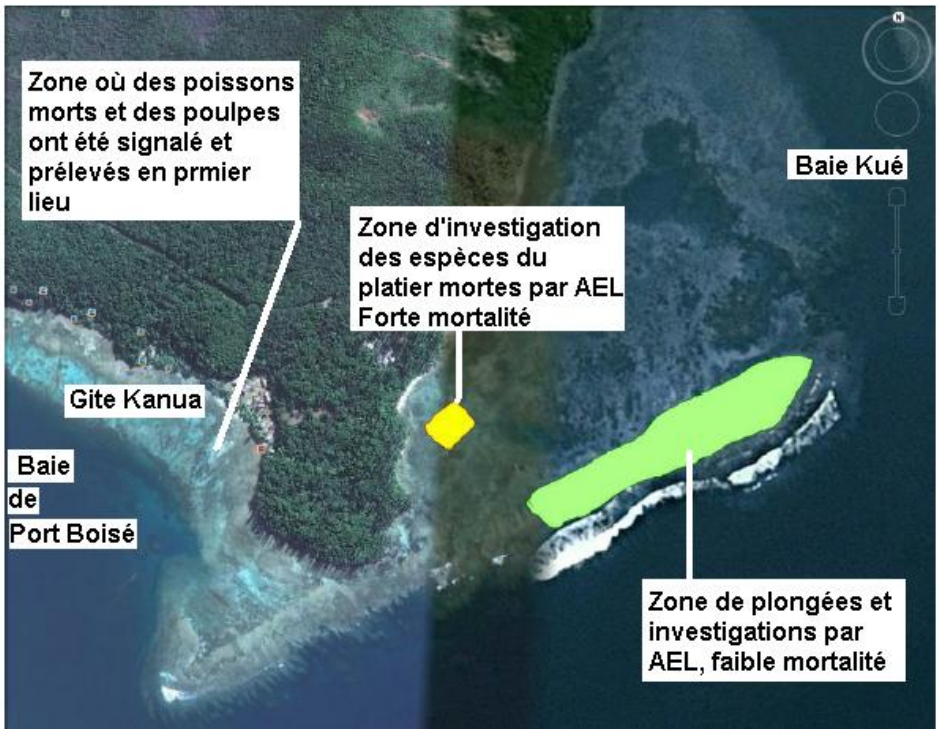
- Précipitations exceptionnelles du 3 et 4 juillet 2013. Observation de mortalités massives sur le platier Ouest de la baie Kué (Rapport Juillet 2013 AEL/LEA)
- Avis sur les mortalités observées en juillet 2013 (SOPRONER)
- Analyses des échantillons d'eau de mer prélevés (AEL/LEA)

L'Observatoire OEIL a aussi effectué des investigations (via EMR) et ses conclusions ont été communiquées, elles sont en cohérence avec celles des experts mandatés par Vale NC.

Les faits :

Le 5 juillet, deux jours après les fortes pluies du 2 et 3 juillet (Cf. chapitre météo, la mairie de Yaté signale la **présence de poissons morts et de poulpes en baie de Port Boisé en face le gite Kanua**. La baie de Port boisé n'est pas sous influence d'un bassin versant sous influence du projet Vale NC mais des plongeurs biologistes (en mission de surveillance annuelle pour Vale NC) sont présents en baie Kué et ils modifient leur mission du jour pour effectuer des investigations sur la mortalité d'Invertébrés et de Vertébrés marins dans cette baie. Vale NC diligente des observateurs/échantillonneurs de son service Environnement en baie de Prony et baie de Port Boisé. La carte suivante présente les zones investiguées dans le canal de la Havannah

Schéma 10 : Zones d'investigations : baies de Port Boisée et Baie Kué suite aux fortes pluies 2 et 3 juillet 2013. Investigations le 5 juillet 2013



Des holothuries et autres Invertébrées morts sont aussi observés en baie du Prony, sur la pointe de l'abattoir, près du petit wharf public, mais pas à l'embouchure du creek de la Baie Nord ni au port de Prony.

Les résultats des investigations sur les écosystèmes de la baie Kué

Lors de la prospection, en zone de forte mortalité (carré jaune sur la carte ci-dessus) 192 petits poissons morts au total, ont été observés. La plus part se trouvaient dans des trous ou anfractuosités

du substrat, et les autres flottant en surface ou roulant sur le fond avec la marée montante. L'ensemble des espèces observées mortes sont des espèces sédentaires vivant dans des anfractuosités du substrat, voire semi cryptique diurne.
Le faible état des décomposition des poissons (mucus en train de partir, intégrité des chairs et des individus, intestins non gonflés, intestins gonflés mais non percés, odeurs de décomposition naissantes), fait penser à une mortalité étant survenue au maximum 24 h avant la prospection (pour les individus avec intestins gonflés) et 12 h avant le comptage (pour les individus sur le fond, intestins non gonflés, non percés), soit aux alentours du le 4 juillet .
La plus part des poissons observés morts présentaient des masses de mucus et de latérite rouge mélangés sur la fente branchiale en sortie de branchies, derrière les opercules.
Très peu de poissons vivants ont été observés dans cette zone exceptés un petit banc de picots rayés *Siganus linneatus* et 3 loches *Epinephelus argus.*

La liste des invertébrés et vertébrés morts observés a été établie.

Sur 500m^2 :

- Bivalves : 1 bénitier, moules, palourdes et pintadines en grand nombre (12 espèces différentes de bivalves)
- Gastéropodes : Trocas et turbos en grand nombre (18 espèces différentes)
- 3 poulpes
- 2 nudibranches
- Echinodermes en grands nombres avec des holothuries (6 espèces différentes) et des oursins (4 espèces différentes)
- Crustacés : 3 espèces différentes
- Poissons : 192 individus de 24 espèces
- Coraux morts ou blanchis

La partie du platier proche du récif et juste en face de la zone prospectée, (surface vert-clair sur la carte ci-dessus) a été parcouru. Il a été observé : 3 Pomacentridae morts, mais une multitude de petits poissons non identifiés et bien vivants fuyaient à l'approche des biologistes.

Les résultats des investigations sur les individus récoltés en baie de Port boisé

Une identification des espèces retrouvées mortes a été conduite sur la base des photographies et ce malgré un mauvais état de conservation fait apparaitre que le phénomène a aussi bien touché des espèces mobiles que sédentaires et semble avoir touché uniquement des espèces côtières présentes à proximité des embouchures.





Famille/Espèce	Catégorie trophique	Mobilité	Niveau
Pomacanthidae *Centropyge tibicen*	Herbivore	Territorial	Fond
Scaridae *Scarus rivulatus*	Herbivore	Mobile	Fond
Acanthuridae *Naso unicornis*	Herbivore	Mobile	Fond
Monacanthidae *Oxymonacanthus longirostris*	Carnivore, corallivore	Sédentaire	Fond
Pomacentridae *Dascyllus aruanus* *Stegastes nigricans*	Planctonophage Herbivore	Territorial Territorial	Fond Fond
Chaetodontidae *Chaetodon lunulatus*	Carnivore, corallivore	Sédentaire	Fond
Balistidae Baliste spp. *Pervagor sp.*	Carnivore Carnivore	selon espèce Sédentaire	Fond Fond
Sillaginidae cf. *Sillago ciliata*	Carnivore	Très mobile	Fond
Serranidae *Cephalopholis boenak*	Piscivore	Sédentaire	Fond
Mullidae *Parupeneus sp.*	Carnivore	Mobile	Fond
Labridae *Cheilio inermis*	Piscivore	Mobile	Fond
Lutjanidae *Lutjanus sp.*	Carnivore	Très mobile	
Crabe cf. *Percnon sp.*			
Holoturie *Bohadschia vitiensis, Holothuria spp.*			

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de mer prélevés (le 5 /07/13)

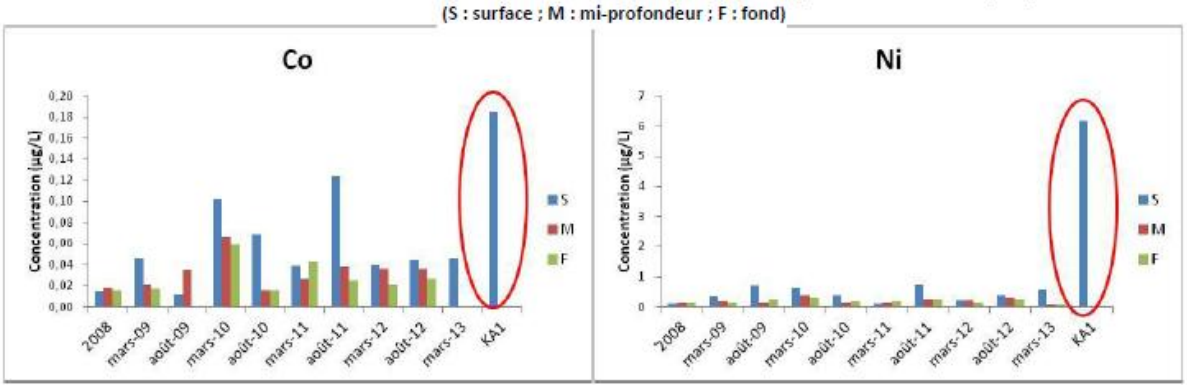
La salinité est très faible, le pH est dans la norme, l'oxygène dissous est bon, pour les concentrations en Cu, Fe, Mn et Zn les concentrations sont du même ordre que celles observées depuis 2008.
Par contre :
Les concentrations de Co et Ni, éléments fortement solubles, sont clairement plus élevées que celles mesurées habituellement sur la zone. En effet, celles-ci sont 4 et 21 fois supérieures aux concentrations moyennes mesurées à Port Boisé, toutes profondeurs confondues, depuis 2008 (Co = 0,039 ± 0,026 µg/L ; Ni = 0,28 ± 0,18 µg/L) A noter que la concentration en Ni dissous (labo AEL) est du même ordre de grandeur que celle obtenue par le laboratoire de Vale NC pour le prélèvement « KANUA »

Schéma 11 : Analyses de l'eau suite aux fortes pluies de juillet 2013

KA1 est l'échantillon d'eau de mer en face le gite Kanua
St03 : valeurs moyennes obtenues, pour comparaisons, lors des suivis semestriels sur la station St 03 dans la baie

Paramètres	KA1	St03	
Salinité (‰)	24	35	
pH	8,14	8,21 ± 0,06	
Co (µg/L)	0,19	0,04 ± 0,03	X 4,7
Cu (µg/L)	<0,015	0,04 ± 0,03	
Fe (µg/L)	<0,011	0,07 ± 0,05	
Mn (µg/L)	0,29	0,22 ± 0,14	
Ni (µg/L)	6,17	0,28 ± 0,18	X 22
Zn (µg/L)	0,30	0,25 ± 0,17	
DBO_5 (mg/L)	0,2		
O_2 dissous (mg/L)	6,9		Valeur correcte
MES (mg/L)	13,8		

Concentrations de Co et Ni mesurées lors des campagnes semestrielles depuis 2008 à Port Boisé (St03)
(S : surface ; M : mi-profondeur ; F : fond)



Ces concentrations en Nickel et Cobalt sont la signature des eaux de ruissellement calédoniennes et de la nature géologique des sols, pour rappel en baie Kué les concentrations en Ni sont (hors épisodes cycloniques) inférieures à < 0,5 µg/L et pour le Co < 0,05 µg/L et si l'on se réfère aux autres embouchures de rivières calédoniennes, on obtient (hors périodes cycloniques) : Pour le Ni : 10 µg/L à la Coulée ; 6 µg/L dans la Dumbéa ; 2 µg/L à port Moselle…et pour le Co : 0,2 µg/L à port Moselle ; 0, 07 µg/L à la coulée…Le « bruit de fond » est riche en Ni/Co.

Les MES (avec 13,3mg/L) montrent ; comme les concentrations en Ni et Co, que les eaux douces générées par les pluies ont contribué à un fort lessivage des sols. La concentration de MES de ce prélèvement (13,8 mg/L) est 30 fois plus élevée que celles mesurées à la station St03 lors de la dernière campagne de prélèvement semestriel (mars 2013).
(Rappel : En baie du Prony le l'eau prélevée le 06 juillet présentait 490 mg/L de MES, les panaches « rouges » ont couverts toutes les embouchures calédoniennes bien au-delà de la rivière Kué.)

ANALYSES : Les analyses causales dues aux différents biologistes concordent.
4 causes peuvent être responsables de la mortalité des individus Invertébrés peu mobiles (comme observés pour Freda, chapitre précédent) et des poissons (phénomène non observé sur cette zone à ce jour, depuis les suivis Vale NC).
Les recherches bibliographiques montrent que d'autres baies de par le monde ont subi de tels impacts suite à des phénomènes météorologiques intenses.

Evènements	Effets sur le milieu naturel	Effets biologiques	
Fortes pluies intenses	Dessalure des eaux des baies Choc halin	Choc osmotiques sur les organismes marins	**RISQUE 1**
Ruissellement érosion et lessivage des sols	MES (Matières en suspension dans l'eau, panaches turbides)	Choc physique, colmatage des branchies, abrasion.	**RISQUE 2**
Oxydation des particules organiques	Baisse de la concentration d'oxygène dissous dans le milieu	Choc anoxique : Manque d'oxygène disponible	**RISQUE 3**
Lessivage des sols et variations des conditions chimiques des eaux	Relargage de métaux qui deviennent bio disponibles en plus grandes concentrations	Choc toxique	**RISQUE 4**

RISQUE 1 : Les organismes marins tentent de réguler leur pression osmotique (taux de « sel » dans le sang) Les organismes marins ont des tolérances variables à la dessalure en fonction des groupes taxonomiques et des durées des phénomènes, de plus le choc du à une dessalure brutale ne leur laisse pas un temps d'adaptation. (Les poissons qui font des migrations entre eaux douces et eaux

de mer prennent un temps d'adaptation en eau saumâtre et régulent leur métabolisme notamment avec leur concentration en urée, un passage brutal en eau douce ne peut pas être supporté plus de quelques minutes par un poisson d'eau de mer).
Au vu des durées des précipitations et de la dessalure constatée, le risque de choc osmotique peut à lui seul être responsable des mortalités observées pendant et après l'épisode pluvieux. Il est certain qu'il a causé un fort impact, en baie Kué comme dans toutes les autres baies.

RISQUE 2 : Les fines particules de latérites peuvent, par action physique mécanique, abraser les yeux et le mucus des poissons, obstruer et colmater les branchies des invertébrés et des poissons, ainsi que les organes sensoriels tels que les pores des lignes latérales de poissons.
Les organismes dépensent beaucoup d'énergie à lutter contre le colmatage et l'asphyxie mécanique. Pour un phénomène fort et prolongé, la mort des invertébrés et des bivalves filtreurs en particulier, peut intervenir, après épuisement des réserves énergétiques (cas connu sur les huîtres d'élevage) et asphyxie mécanique. Pour les poissons, le phénomène est identique et peut contribuer à les affaiblir.
Au vu de l'intensité des phénomènes pluvieux, leur persistance et leur vaste étendue, les panaches en sortie de la Kué, en baie de Port Boisé, dans toute la baie de Prony et le canal Woodin, peuvent être responsables d'une partie des mortalités observées. Ils ont pu conjuguer leurs effets à celui, prépondérant, de la dessalure.

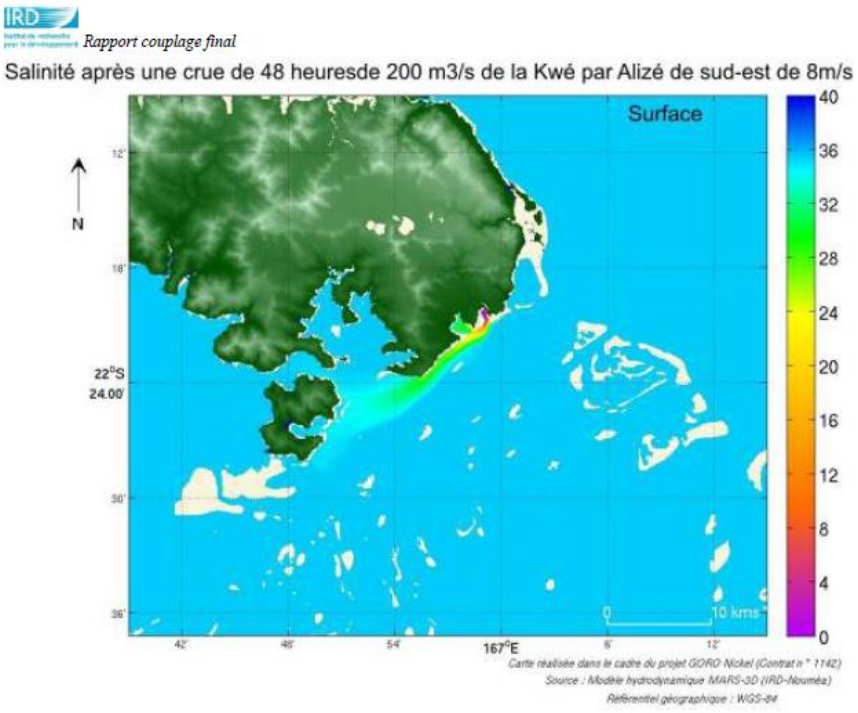
RISQUE 3 : Ce risque semble exclu car l'eau analysée montrait une bonne teneur en oxygène

RISQUE 4 : Les variations du milieu jouent sur les équilibres chimiques régissant les réactions d'oxydoréduction, de sorption/désorption, complexation / décomplexation, antagonisme/synergie complexes. Sous ces conditions, les métaux potentiellement toxiques peuvent passer d'une forme non bio-disponible vers une phase dissoute bio-disponible. On peut alors observer un pic de contaminants dissous pouvant provoquer un choc toxique allant jusqu'à des mortalités massives.
Le risque de choc toxique peut contribuer de manière non négligeable aux effets observés. Le CNRT a bien ciblé ce phénomène qui est un enjeu en Nouvelle- Calédonie à l'égard des concentrations fortes en métaux des eaux de toutes ses rivières et embouchures en corrélation avec la nature géologique du territoire. Des tests de toxicité utilisant des embryons hypersensibles d'oursins et de bénitiers locaux, ont permis d'évaluer le potentiel toxique de différentes latérites et d'en connaître les seuils de dilutions garantissant l'innocuité pour le milieu marin, le rapport est en cours de finalisation. (CNRT Eco-toxicologie Bio-essais AQUABIOTECH/IFREMER 2013).

Conclusion
Au vu de l'ampleur du phénomène des précipitations atmosphériques, chacun de ces risques pris individuellement, peut-être responsable d'une part ou de la totalité des mortalités ponctuelles massives observées. Il est donc suspecté que ces les mortalités observées sont dues à la conjonction de plusieurs de ces risques.
Le choc halin dû à la dessalure reste la cause première de cette mortalité en baie Kué, baie de port Boisé et baie du Prony.
D'autres baies ont pu présenter le même phénomène mais elles n'ont pas été inspectées. Des poissons morts ont été photographiés sue les pistes de Natutakoin par exemple.

Une campagne d'investigation supplémentaire est en cours en septembre 2013 afin de contribuer à une meilleure connaissance de ce phénomène, de son étendue, de ses causes et de sa résilience. (Résultats dans le bilan annuel 2013).
Il sera aussi effectué une analyse des faits en relation avec les modélisations qui ont été effectuées par l'IRD pour Vale NC : « Modélisation et simulation du transport des formes particulaires d'origine naturelle issues de crues dans la rivière Kwé / Rapport final 2009 »

Figure 78 : Modélisation et simulation du transport des formes particulaires d'origine naturelle issues de crues dans la rivière Kwé



4. CONCLUSION

	Rapport finalisé et remis aux administrations de contrôle
	La mission est en cours

Tableau 30 : Synthèse des résultats des missions règlementaires de suivis du milieu marin du 1er semestre 2013.

Suivi règlementaire 2013	Indicateurs	Premier semestre 2013	
Structure de la colonne d'eau 14 stations	Physique Chimique	Conforme aux valeurs attendues Notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent	RAPPORT Semestriel
Qualité de l'eau et concentrations en métaux	Chimique	Conforme aux valeurs attendues Notamment sur les stations proches du rejet de l'effluent	
Suivi des écosystèmes	Biologique Corail Benthos Poissons	-Conforme aux états attendus en fonction des fluctuations saisonnières (fortes dépressions cycloniques en saison chaude). -La station ST08 (sortie de la baie Kué) a été affectée par les épisodes cycloniques et sa résilience doit être suivie de près, d'autant plus que début juillet un nouvel évènement climatique a affecté sa zone. Le bilan annuel donnera une synthèse ciblée sur ST08. -Conformité au niveau des stations qui entourent le rejet d'effluent	
Bio accumulation Sur transplants	Bio accumulateur	Rapport annuel communiqué en fin d'année. Mission en cours	
Suivi du taux de sédimentation	Physique	Suivi triennal, dernière mission en 2010, le suivi est en cours en 2013 Rapport en fin d'année	
Suivi de la qualité des sédiments	Chimique	Suivi triennal, dernière mission en 2012, prochain suivi en 2015	
Suivi des flux sédimentaires	Physique Chimique	-Le ratio entre [influence terrigène / influence marine] est à suivre de près en baie Kué ; sa tendance est à la hausse. -Hausse des flux sédimentaires de nature fine et terrigène en baie Kué	RAPPORT Semestriel
Suivi spécial zone portuaire	Physique Chimique Et sédiments	Rapport spécial dédié au port de Prony communiqué en fin d'année	

5. INTERPRETATION ET DISCUSSION

- Le recoupement de toutes les informations données par les paramètres analysés (ou observés) est cohérent, il montre que le suivi des indicateurs réglementaires est pertinent.
- Le suivi écologique montre que le passage des dépressions fortes de 2013 a bien été décelé, ce qui est positif car le contraire eut fait douter de la finesse des méthodologies de suivi. La récupération des écosystèmes avait été rapidement amorcée après les dépressions cycloniques de 2011. Mais la dépression Freda du 02 janvier 2013 a de nouveau causé des effets et la résiliation amorcée au premier semestre 2013 a été ralentie par les fortes pluies de début juillet 2013.
- Il n'a pas eu de pollution par déversement ou produits chimiques sur le milieu marin, la qualité du milieu marin est bonne.
- L'effluent marin n'a pas produit de modification sur le milieu marin ; l'effluent ne montre aucun effet, comme attendu par les études, modélisations et expertises antérieures.
- Il n'y a aucune modification d'origine anthropique en réserve Merlet.
- Les suivis additionnels effectués par Vale NC en zones très peu profondes et sur des stations témoins en baie du Prony comblent le manque de station de suivi des effets des forts apports d' eau douce dans cette hydro- région marine sous influence de creeks ;
- La baie Kué avec la station PUKA font l'objet d'une mission de surveillance renforcée au second semestre 2013, suite aux forts épisodes pluvieux de juillet.

6. BILAN DES NON-CONFORMITES

Aucune « non-conformité » n'a été constatée pour le milieu « récepteur marin » au cours de ces suivis 2013 en comparaison avec les données des états des lieux et des suivis depuis 2007 ou 2005.
La tendance évolutive en baie Kué fait l'objet d'un suivi renforcé.

ANNEXE I

LISTE RESTREINTE DES POISSONS FAISANT L'OBJET DU SUIVI ICHYTOLOGIQUE

LISTE DES POISSONS RETENUS POUR L'EVALUATION DE LA FAUNE ICHTYOLOGIQUE

Famille	Genre	espèce
Requins		spp
Raies		spp
Scorpaenidae	Rascasses "poules"	spp
Serranidae	*Anthias* et *Pseudanthias*	spp
	Cromileptes	*altivelis*
	Epinephelus	*cyanopodus*
	Autres loches	spp
	Plectropomus	spp
Pseudchromidae	*Pictichromis*	*coralensis*
Carangidae		spp
Lutjanidae	*Aphareus*	*furca*
	Aprion	*virescens*
	Lutjanus	*adetii*
	Lutjanus	*sebae*
	Lutjanus	spp
	Symphorus	*nematophorus*
Caesionidae		spp
Haemulidae	*Diagramma*	*pictum*
	Plectorhinchus	spp
Lethrinidae	*Lethrinus*	*nebulosus*
	Autres bossus et bec	spp
Nemipteridae	*Scolopsis*	*bilineatus*
Mullidae		spp
Kyphosidae		spp
Ephippidae	*Platax*	spp
Chaetodontidae	*Chaetodon*	*auriga*
	Chaetodon	*baronessa*
	Chaetodon	*bennetti*
	Chaetodon	*citrinellus*
	Chaetodon	*ephippium*
	Chaetodon	*flavirostris*
	Chaetodon	*kleinii*
	Chaetodon	*lineolatus*
	Chaetodon	*lunula*
	Chaetodon	*melannotus*
	Chaetodon	*mertensii*
	Chaetodon	*ornatissimus*
	Chaetodon	*pelewensis*
	Chaetodon	*plebeius*
	Chaetodon	*rafflesi*
	Chaetodon	*reticulatus*
	Chaetodon	*speculum*
	Chaetodon	*semeion*
	Chaetodon	*trifascialis*
	Chaetodon	*lunulatus*
	Chaetodon	*ulietensis*
	Chaetodon	*unimaculatus*
	Chaetodon	*vagabundus*
	Coradion	*altivelis*
	Forcipiger	*flavissumus*
	Forcipiger	*longirostris*
	Hemitaurichthys	*polylepis*
	Heniochus	*acuminatus*
	Heniochus	*chrysostomus*
	Heniochus	*monoceros*
	Heniochus	*singularis*
	Heniochus	*varius*
Pomacanthidae	*Centropyge*	*bicolor*

Famille	Genre	espèce
	Centropyge	*bispinosus*
	Centropyge	*flavissima*
	Centropyge	*heraldi*
	Centropyge	*tibicen*
	Centropyge	*vroliki*
	Chaetodontoplus	*conspicillatus*
	Pomacanthus	*imperator*
	Pomacanthus	*semicirculatus*
	Pomacanthus	*sextriatus*
	Pygoplites	*diacanthus*
Pomacentridae	*Abudefduf*	spp
	Amphiprion	*perideraion*
	Amphiprion	spp
	Chromis	*viridis*
	Chromis	*fumea*
	Chrysiptera	*taupou*
	Chrysiptera	*rollandi*
	Dascyllus	*aruanus*
	Dascyllus	*reticulatus*
	Dascyllus	*trimaculatus*
	Neopomacentrus	*azysron*
	Neopomacentrus	*violascens*
	Pomacentrus	*coelestis*
	Pomacentrus	*moluccensis*
	Pomacentrus	*aurifrons*
	Stegastes	spp
Labridae	*Bodianus*	*loxozonus*
	Bodianus	*perditio*
	Cheilinus	*chlorourous*
	Cheilinus	*trilobatus*
	Cheilinus	*undulatus*
	Choerodon	*graphicus*
	Coris	*aygula*
	Coris	*gaimard*
	Gomphosus	*varius*
	Halichoeres	*hortulanus*
	Halichoeres	*margaritaceus*
	Halichoeres	*trimaculatus*
	Hemigymnus	*melapterus*
	Labroides	*dimidiatus*
	Novaculichthys	*taeniourus*
	Stethojulis	*bandanensis*
	Stethojulis	*strigiventer*
	Thalassoma	*amblycephalum*
	Thalassoma	*hardwicke*
	Thalassoma	*lunare*
	Thalassoma	*lutescens*
Scaridae	*Bolbometopon*	*muricatum*
	Scarus	*ghobban*
	Chlorurus	*microrhinos*
	Scaridae	spp
Blennidae	*Ecsenius*	*bicolor*
	Meicanthus	*atrodorsalis*
Gobbidae	*Amblygobius*	*phalaena*
Ptereleotridae	*Ptereleotris*	*evides*
	Ptereleotris	*microlepis*
Acanthuridae	*Acanthurus*	*dussumieri*
	Acanthurus	*blochii*
	Acanthurus	*triostegus*
	Acanthurus	spp
	Ctenochaetus	spp
	Naso	*unicornis*
Acanthuridae	*Naso*	spp

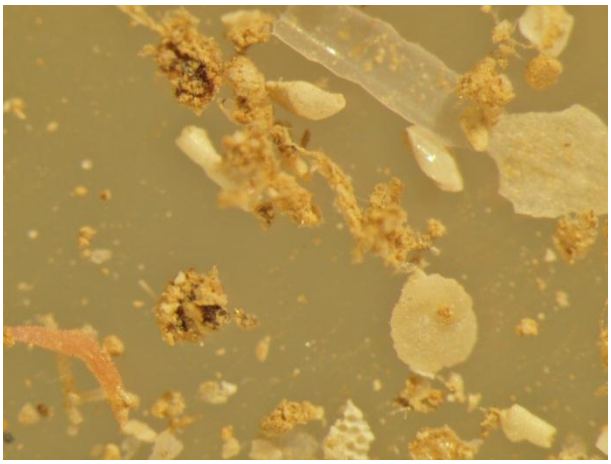
Famille	Genre	espèce
(suite)	*Zebrasoma*	spp
Siganidae	*Siganus*	*argenteus*
	Siganus	spp
Zanclidae	*Zanclus*	*cornutus*
Scombridae	*Scomberomorus*	*commerson*
Balistidae	*Balistoides*	*conspicillum*
	Oxymonacanthus	*longirostris*
	Rhinecanthus	*aculeatus*
	Rhinecanthus	*rectangulus*
Tetraodontidae	*Canthigaster*	spp

ANNEXE II

SUIVI ENVIRONNEMENTAL
STRUCTURE DE LA COLONNE D'EAU,
QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE
ET
CONCENTRATION
EN METAUX DISSOUS

(Premier semestre 2013)

SUIVI DES DENSITES DE FLUX VERTICAUX DE PARTICULES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ET LA BAIE KWE : MISSION JANVIER-FEVRIER 2013





25 juillet 2013

Photos de couverture AEL : Observation au microscope d'un échantillon de MES récoltée dans le Canal de la Havannah

© AEL / LEA Environnement

CONTRAT DE CONSULTANCE

AEL - LEA

Convention n° 110308-VI-11

Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah et la Baie Kwé : mission janvier-février 2013

Fernandez Jean Michel

Moreton Benjamin

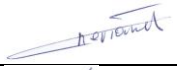
Le Grand Hélène

Pluchino Stéphanie

© AEL / LEA Environnement

Nombre de pages : 60

	N/Ref	V/Ref
Identification	110308-VI-11	Contrat 2684
Titre complet	Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah et la Baie Kwé : mission janvier-février 2013	
Auteurs	Fernandez JM, Moreton B, Le Grand H et Pluchino Stéphanie	
Résumé	Le programme de travail ici présenté fait suite à la définition de « l'Etat de référence » des densités de flux verticaux de particules déterminés pour le Canal de la Havannah et la Baie Kwé en 2007 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1230) et constitue la **quatrième campagne** de suivi semestriel. Dans le contexte de la mise en exploitation de l'usine de Vale-NC, l'étude a consisté en un suivi temporel des densités de flux verticaux afin d'estimer les apports en particules fines issues de la rivière Kwé et rejetées par le diffuseur entre le 12 septembre et le 29 octobre. A cet effet, trois mouillages de lignes équipées de pièges à sédiments séquentiels ont été réalisés. En fin de saison fraîche, la distribution des MES dans les eaux, tant en Baie Kwé que dans le Canal de la Havannah, est grandement régie par l'action mécanique de la houle, elle-même générée par les vents notamment d'un large secteur sud. Toutefois, en Baie Kwé la conjonction des facteurs hydro-climatique permet de générer des panaches turbides de plus grande intensité. Les paramètres physico-chimiques et géochimiques analysés montrent des évolutions temporelles tant au niveau de la Baie Kwé que dans le Canal de la Havannah. Les valeurs de flux de matière (MES et métaux) entrent globalement dans les gammes observées antérieurement bien qu'une nette augmentation des flux de matière (MES et métaux) soit observée depuis 2 ans.	

APPROBATION			
FONCTION	**NOMS**	**VISA**	**DATE**
Rédacteur	Fernandez JM		19/07/2013
Vérificateur 1	Moreton B		22/07/2013
Vérificateur 2	Kumar-Roiné S		23/07/2013
Approbateur(s)	Fernandez JM		25/07/2013

EVOLUTION		
VERSION	**DESCRIPTION DES MISES A JOUR**	**DATE**
V1.0	Rapport définitif	26/07/2013

COPIE - DIFFUSION	
NOM	**ORGANISME**
Casalis C	Département environnement Vale-NC

Ce rapport est cité comme suit :

Fernandez JM, Moreton B, Le Grand H, et Pluchino Stéphanie, 2013. Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah et la baie Kwé : mission de janvier et février 2013. Contrat Vale-NC/AEL n° 2684, Rapport AEL 110308-VI-11, 60p.

© AEL / LEA Environnement

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION 7
2 OBJECTIFS 8
3 METHODOLOGIE 9
3.1 SITE D'ETUDE ET CONDITIONS DE MOUILLAGES 9
3.2 ECHANTILLONNAGE 11
3.3 PARAMETRES PHYSIQUES, GEOCHIMIQUES ET ANALYSES 11
4 RESULTATS 12
4.1 PARAMETRE METEOROLOGIQUES 12
4.1.1 Précipitations atmosphériques (station « Usine Vale ») 12
4.1.2 Direction du vent (station « Usine Vale » 12
4.1.3 Vitesse du vent (station « Usine Vale » 13
4.2 CARACTERISATION DES MATIERES EN SUSPENSION 14
4.2.1 Baie Kwé (station St06-KW1) 14
4.2.2 Canal de la Havannah (station St60-NE) 16
4.2.3 Canal de la Havannah (station St60-SW) 19
4.3 COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MATIERES EN SUSPENSION 22
4.3.1 Baie Kwé (station St06-KW1) 22
4.3.2 Canal de la Havannah (station St60-NE) 24
4.3.3 Canal de la Havannah (station St60-SW) 25
5 INTERPRETATION 28
5.1 INFLUENCE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES 28
5.1.1 Baie Kwé, ... 28
5.1.2 Canal de la Havannah 29
5.2 CALCUL DES FLUX DE MATIERES 33
6 CONCLUSION 37
7 REFERENCES 39
8 LISTE DES FIGURES 40
9 LISTE DES TABLEAUX 42
10 LISTE DES ANNEXES 43

1 INTRODUCTION

Le travail ici présenté a été défini en accord avec la Convention pour la Conservation de la Biodiversité (CCB, 2009) passée entre Vale-NC et la Province Sud.

Cette étude fait suite à la définition de « l'Etat de référence » des densités de flux verticaux de particules déterminée pour le Canal de la Havannah et la Baie Kwé en 2007 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1230).

Si les effets de l'hyper-sédimentation sont mesurables à moyen et long termes par le calcul des taux d'accumulation (géochronologie à l'échelle pluriannuelle), pour des laps de temps plus courts les apports sédimentaires sont quantifiables grâce à la mesure de la densité de flux vertical des particules à des échelles qui peuvent être journalière à pluri-mensuelle. Cette mesure constitue un indicateur précoce de la sédimentation.

Les conséquences de l'augmentation de ces flux sont la réduction de la lumière, de l'oxygène dissous et en particulier de la pollution par les éléments métalliques. En effet, les particules sont reconnues comme le principal vecteur des polluants dans la contamination des organismes pélagiques, dont les poissons qui sont, en bout de chaine, consommés par l'homme.

Dans le contexte de la mise en exploitation de l'usine de Vale-NC, l'étude consiste à estimer les apports en particules fines :

- D'une part, générées consécutivement aux différents travaux d'excavation et de mise en exploitation progressive de la mine ;
- D'autre part, persistantes dans les effluents industriels traités et rejetés dans le Canal de la Havannah via le diffuseur.

2 OBJECTIFS

Les objectifs poursuivis dans chacune des deux zones d'études, c'est-à-dire la Baie Kwé et le Canal de la Havannah, ont été d'effectuer, respectivement :

- le suivi temporel des apports terrigènes générés par l'activité minière en sortie de la Baie Kwé, dans un secteur de relative profondeur (h>15m). En effet, il est nécessaire de s'affranchir des phénomènes mécaniques comme le charriage des grosses particules sur le fond, il n'est donc pris en compte que les fractions fines en suspension potentiellement transportables par les courants sur de longues distances, comme le suggère la modélisation (Convention IRD/Goro-Ni n° n°1124, Volet « Simulation hydrodynamique »);
- le suivi temporel des apports industriels issus du procédé chimique au voisinage immédiat du diffuseur. Ce suivi avait pour objet de répondre aux questions de la double rémanence supposée :
    - d'une part, du gypse formé après l'étape de neutralisation des solutions acides d'extraction du Ni par le calcaire ;
    - d'autre part, des précipités de $CaCO_3$ et d'hydroxydes de Mn supposés être générés lors de l'entrée en contact de l'effluent avec l'eau de mer, phénomène qui pourrait entraîner une fraction non négligeable des métaux (dont Mn). Les expériences de laboratoire et la modélisation associée (Convention IRD/Goro-Ni, n° 1124 ; Volet « Réactivité chimique de l'effluent ») montrent que seule une formation négligeable de précipités de calcite devrait se produire. La mesure in-situ permet de discuter de cette hypothèse, dans l'état actuel du niveau des rejets (phase de démarrage de l'usine).

Ce rapport présente les résultats obtenus pour la **quatrième campagne de mouillage semestrielle** des 4 que compte le programme de suivi environnemental relatif aux flux particulaires dans le Canal de la Havannah passé entre Vale- NC et AEL (Contrat Vale/AEL n° 2684).

3 METHODOLOGIE

3.1 SITE D'ETUDE ET CONDITIONS DE MOUILLAGES

Cette quatrième campagne d'études des flux a été conduite de début janvier à fin février 2013. Les missions de mouillage et de récupération des lignes instrumentées ont été réalisées à bord de l'embarcation « Slavko ».

De manière plus détaillée, les mouillages concernent trois lignes équipées chacune d'un piège à sédiments séquentiel, d'un lest associé à un largueur acoustique et d'un flotteur de sub-surface.

Les sites instrumentés sont les suivants (Figure 1 et Tableau 1) :

- Zone d'influence du rejet : il s'agit de deux stations (St60-SW et St60-NE) localisées perpendiculairement à 60 m de part et d'autre du diffuseur. Ces sites, définies pour l'étude de traçage colorimétrique (Contrat AEL/Vale-NC n° 20233), font l'objet d'une surveillance de la physico-chimie de la colonne d'eau à proximité (St09 ; Contrat AEL/Vale-NC n°E22584) ;
- Zone d'influence de la mine : Il s'agit d'une station dans la proche embouchure de la rivière Kwé (St06-KW1) et qui a permis la définition de l'état de référence des flux particulaires en 2006 (Convention IRD/Goro-Ni n°1230) afin d'assurer le suivi des apports induits par le bassin d'exploitation minière.

Tableau 1 : Localisation exacte des trois stations de mouillage des pièges à particules séquentiels : Canal de la Havannah (St60-SW et St60-NE) et en baie Kwé (StKW1). Ces coordonnées sont conformes au référentiel WGS-84.

STATION	St60-SW	St60-NE	St06-KW1
Longitude Est	166° 59,620	166°59.678	166°59,140
Latitude Sud	22° 22,158	22° 22,109	22°20,747
Profondeur (m)	37	39	18

Le dispositif de collecte a été placé à 3 mètres au-dessus du fond. Cette cote est particulièrement importante à respecter pour les pièges mouillés à proximité du diffuseur pour que les orifices de collecte demeurent en contact avec l'effluent même lorsque les conditions hydrodynamiques des marées de vive-eau s'exercent. Ce prérequis est conforme aux résultats du traçage réalisé à la rhodamine-WT (Contrat AEL/Vale-NC n° 20233 ; Figure 2) ; la couche affectée par l'effluent n'étant que d'environ 5 m d'épaisseur alors qu'elle dépasse amplement les 10 m par courants faibles (marées de morte-eau).

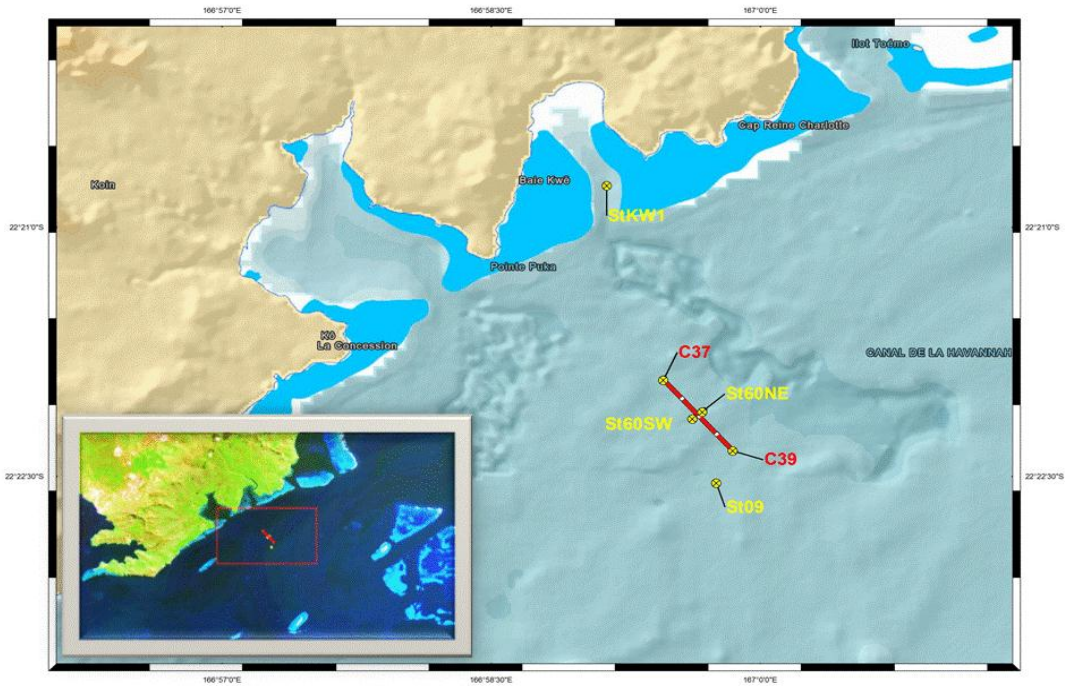


Figure 1: Aire d'étude pour le suivi des flux verticaux de particules issues du process de production de l'usine et des activités d'excavation de mine de Vale-NC. Le trait rouge représente le diffuseur, de part et d'autre figurent les deux stations St60-SW et St60-NE localisées à 60m du rejet. En Baie Kwé le piège à sédiments a été mouillé à la station St06-KW1. La station St09 appartient au réseau semestriel de surveillance physico-chimique de la colonne d'eau.

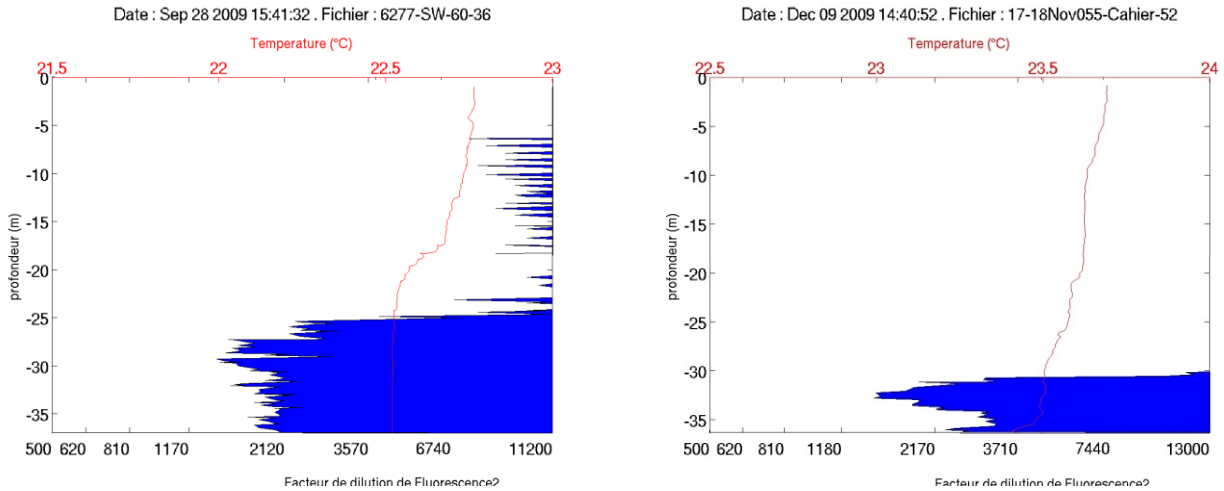


Figure 2 : Puissance type de l'épaisseur de marquage par l'effluent (rhodamine-WT) pour des conditions courantologiques de mi-marées de morte-eau (gauche) et de vive-eau (droite) au niveau de la station St60-SW.

3.2 ECHANTILLONNAGE

Les lignes de mouillage étaient dotées de pièges à sédiments de type séquentiel (Technicap, type PPS4/3) d'une section efficace de 0,050 m² et équipés de carrousels de 12 godets pour permettre la collecte d'une série temporelle des particules sédimentées. Les lignes ont été immergées le 08 janvier 2013 puis récupérées le 28 février 2013.

La collecte des particules a été programmée pour débuter le 09 janvier 2013 à 00h00 avec un pas de temps par godet de 96 heures (4 jours) ; elle s'est terminée le 26 février à 00h00. Au total 12 échantillons de matériel particulaire ont été prélevés pour chacun des trois sites d'immersion (Tableau 2).

Tableau 2 : Liste des échantillons collectés aux stations de mouillage des pièges à sédiments (St60-SW, StSt60-NE et St06-KW1) et périodes de collecte entre janvier et février 2013.

STATION	PERIODE DE COLLECTE	STATION	PERIODE DE COLLECTE	STATION	PERIODE DE COLLECTE
KW1-1	09-12 janvier	SW-1	09-12 janvier	NE-1	09-12 janvier
KW1-2	13-16 janvier	SW-2	13-16 janvier	NE-2	13-16 janvier
KW1-3	17-20 janvier	SW-3	17-20 janvier	NE-3	17-20 janvier
KW1-4	21-24 janvier	SW-4	21-24 janvier	NE-4	21-24 janvier
KW1-5	25-28 janvier	SW-5	25-28 janvier	NE-5	25-28 janvier
KW1-6	29 janvier - 01 février	SW-6	29 janvier - 01 février	NE-6	29 janvier - 01 février
KW1-7	02-05 février	SW-7	02-05 février	NE-7	02-05 février
KW1-8	06-09 février	SW-8	06-09 février	NE-8	06-09 février
KW1-9	10-13 février	SW-9	10-13 février	NE-9	10-13 février
KW1-10	14-17 février	SW-10	14-17 février	NE-10	14-17 février
KW1-11	18-21 février	SW-11	18-21 février	NE-11	18-21 février
KW1-12	22-25 février	SW-12	22-25 février	NE-12	22-25 février

Dès le retour des pièges à bord de l'embarcation, les échantillons de MES (matière en suspension) conservés dans les godets des carrousels, ont été placés au frais (4°C) jusqu'à la phase de leur traitement au laboratoire.

3.3 PARAMETRES PHYSIQUES, GEOCHIMIQUES ET ANALYSES

Les méthodes de traitement et d'analyses sont décrites en Annexe 1.

4 RESULTATS

4.1 PARAMETRE METEOROLOGIQUES

Les valeurs des paramètres météorologiques sont regroupées en Annexe 2.

Les paramètres météorologiques (pluie journalière-RR-, vitesse –FXI- et direction –DXI- du vent maximum moyen) sont donnés par la station météorologique dite de l' « Usine Vale » qui fournit approximativement les conditions de pluie sur l'ensemble des bassins versants de la Kwé. Par ailleurs, cette station ne reflète pas exactement les régimes de vents le long de la côte sud de la Grande Terre en raison des effets de relief. D'ordinaire, ces deux derniers paramètres sont explicités par la station météorologique d'AEL installée sur la balise du récif Ioro. Toutefois, en raison d'une panne, la station AEL n'a pu enregistrer les paramètres météorologiques pour cette campagne de mouillage des pièges. Les interprétations sont donc basées sur la seule station de l'« Usine » de Vale-NC.

4.1.1 Précipitations atmosphériques (station « Usine Vale »)

La période du 9 janvier au 25 février a été marquée par un seul épisode pluvieux réellement significatifs (pluies>40 mm/j) qui a été enregistré le 16 février (50,1 mm ; Figure 3). D'un point de vue général, ce début de saison chaude a été caractérisé par un déficit en précipitations.

En dehors de cet unique épisode notable, les précipitations sporadiques ont été relativement régulières mais peu abondantes (1,2 < pluies < 20 mm) ; pendant la période d'études, on compte 24 jours de pluies cumulant 181,2 mm.

4.1.2 Direction du vent (station « Usine Vale »

Durant toute la période de mouillage des pièges à sédiments, les vents sont restés très constants et aucune rotation ne s'est produite (Figure 3). En effet, les « *directions des vents moyens journaliers* » enregistrés (DD) ont soufflé avec régularité du secteur E-SE, avec une très courte incursion au secteur NE (50°) et plus durables au secteur SW (240°). Dans le détail, il a été enregistré les 3 principaux épisodes suivants :

- 9-26 janvier : les vents ont soufflé du secteur E et ont progressivement tourné à l'E-SE puis au S (17 janvier) avant de revenir à l'E ;
- 27 janvier-08 février : d'abord de secteurs E puis SE, il a brusquement basculé au S (31 janvier) puis au SW (01 février) avant de revenir au S (04 février) ;
- 08 février-25 février : la direction du vent a oscillé entre l'E et le SE avec régularité. On enregistre également une journée de secteur NE (13 février).

4.1.3 Vitesse du vent (station « Usine Vale »

Pour la campagne, la « *vitesse des vents moyens journaliers* » (FF) a été de 12,0 ±2,2 m/s (Figure 3). Cette valeur qui est normale pour un début de « saison chaude », est exactement du même ordre que celle mesurée pendant la première campagne de saison chaude de janvier-février 2012 (12,0 ±2,4 m/s).

Note : *les valeurs moyennes de FF pour les deux campagnes réalisées en saison fraîche (juillet-août 2011 et septembre-octobre 2012) sont respectivement de 11,3 ±3,2 m/s et 11,9 ±2,4 m/s.*

Les valeurs extrêmes ont été enregistrées le 14 janvier pour la minimale (9,0 m/s) et le 18 février pour la maximale (18,1 m/s).

Durant les 2/3 de la période d'études (9 janvier-8 février) les vents ont soufflé à des vitesses moyennes de 11,1 ±1,5 m/s. Au-delà et jusqu'à la fin du mouillage, les vents moyens ont légèrement fraîchi à 13,5 ±2,3 m/s ; les vitesses maximale et minimale correspondant à des régimes d'alizés.

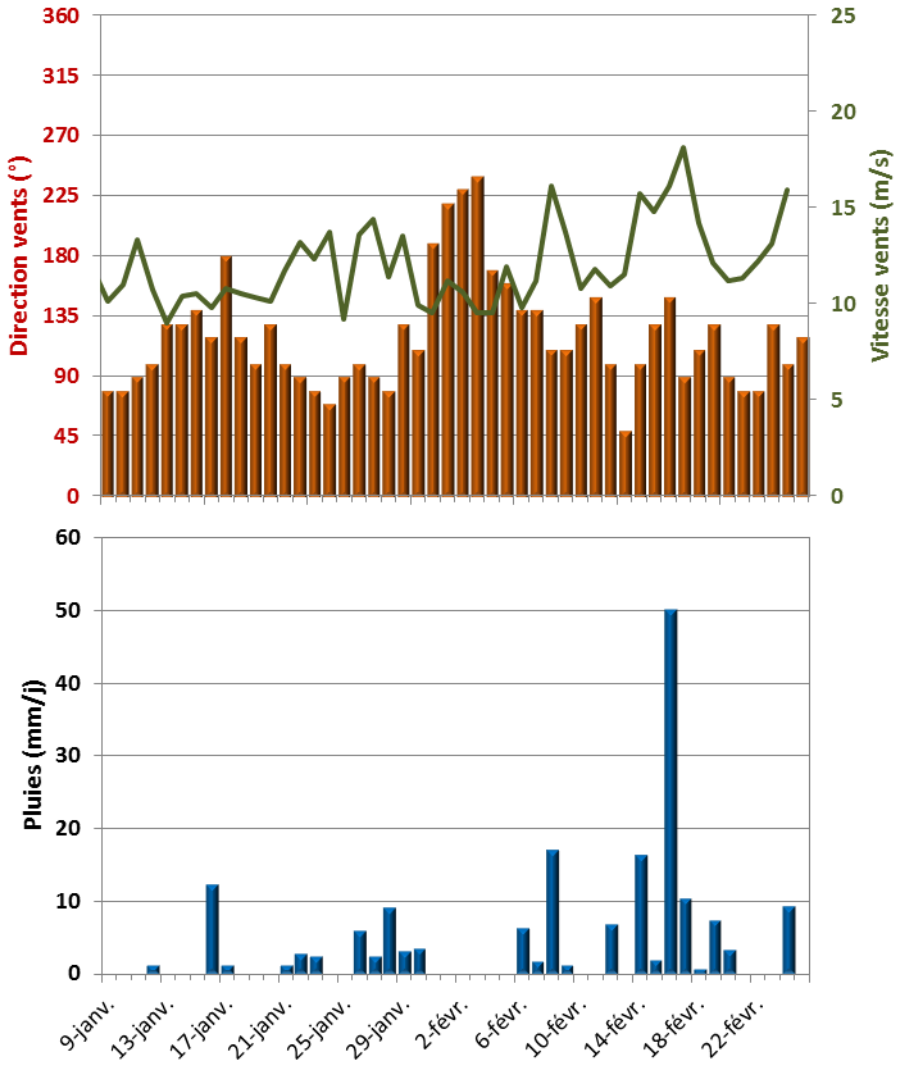


Figure 3 : Enregistrement des « *taux de précipitations journaliers (RR)* » en (mm/j), « *direction des vents moyens journaliers (DD)* » en (°) et « *vitesse des ventsmoyens journaliers (FF)* » en (m/s), à la station météorologique de l'« usine » de Vale-NC pour la période du 9 janvier au 25 février 2013.

CE QU'IL FAUT RETENIR

La période a été marquée par un épisode pluvieux de moyenne importance (50,1 mm) le 16 février. D'une manière générale, les précipitations ont été régulières avec 24 jours cumulant 181,2 mm.

Un régime d'alizés s'est installé environ du 12 au 30 janvier, cédant la place à des vents de secteurs S à SW avant de de tourner à nouveau au SE à partir du 6 février puis à un large secteur E-ES jusqu'au 25 février.

Les valeurs de vents sont conformes aux normales saisonnières. Toutefois, du 9 janvier au 8 février, les vents ont soufflé à des vitesses moyennes de 11,1 ±1,5 m/s, puis à 13,5 ±2,3 m/s jusqu'à la fin de la période.

4.2 CARACTERISATION DES MATIERES EN SUSPENSION

Les résultats d'analyses et mesures sont regroupés en Annexe 3.

Les résultats concernent les masses collectées, la granulométrie des populations de grains, la composition minéralogique, les teneurs en carbonates et les observations de MES au microscope optique.

4.2.1 Baie Kwé (station St06-KW1)

4.2.1.1 Masses collectées

Les masses collectées montrent des valeurs très évolutives dans le temps (Figure 4). Elles se distribuent entre 3,00 g (17-20 janvier ; KW1-3) et 21,66 g (29 janvier-01 février ; KW1-6). Sur les 12 prélèvements, 9 dépassent les 5 g de matière, dans les 3 autres on mesure entre 3 et 4 g.

Les quantités les plus faibles (autour de 4 g) ont été obtenues dans les 4 premiers godets (9-24 janvier). Au-delà, hormis la masse maximale piégée dans le godet KW1-6 (21,66 g ; 29 janvier-01 février), la valeur moyenne des 8 autres échantillons est approximativement de 10 g.

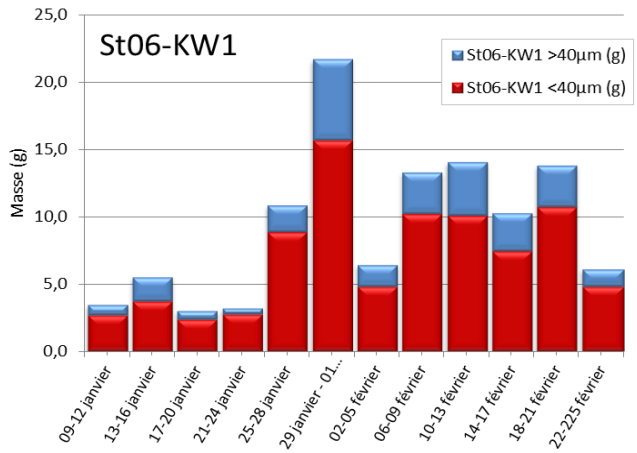


Figure 4 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 9 janvier au 25 février 2013 en Baie Kwé (St06-KW1). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm).

Les fractions grossières (Ø> 40 µm) sont quantitativement plus importantes dans le godet KW1-6 (6,04 g ; 29 janvier-01 février) et de manière relativement équivalente dans les godets KW1-08 (3,08 g ; 6-9 février), KW1-9 (3,98 g ; 10-13 février) KW1-10 (2,80 g ; 14-17 février) et KW1-11 (3,06 g ; 18-21 février). La valeur minimale est observée dans le godet KW1-4 (0,45 g ; 21-24 janvier).

Proportionnellement, la masse de fraction grossière oscille entre 14% (KW1-4) et 32% (KW1-2)

Pour cette quatrième campagne, la masse minimale de MES collectée est 3,00 g. Cette valeur est exactement la même que celle mesurée en septembre-octobre 2012. Pour les deux premières campagnes (juillet-août 2011 et janvier-février 2012), les valeurs minimales étaient inférieures (1,00 g et 2,10 g, respectivement). En ce qui concerne les maximales, la valeur de janvier-février 2012 (25,61 g) est comparable à celle obtenue dernièrement en janvier-février 2013 (21,66 g). Pour les deux autres campagnes antérieures (juillet-août 2011 et septembre-octobre 2012) elles étaient de 23,71 g et 11,82 g.

4.2.1.2 Compositions granulométriques

Les matières en suspension collectées au niveau de la Baie Kwé sont composées de particules dont le mode n'est pas bien exprimé mais que l'on situe globalement dans la classe 2-20 µm (argiles et silts fins) avec des proportions tournant autour 34,54 à 39,70% du volume (Figure 5). Les silts moyens (20-40 µm) composent la deuxième population granulométrique, avec des valeurs très proches du mode comprises entre 30,12% et 36,39%. Les autres populations (silts grossiers) ne représentent chacune qu'au maximum 10 %.

La distribution des populations granulométriques (Figure 5) ne permet pas de mettre clairement en évidence une variation temporelle des particules pour aucune des classes granulométriques étudiées.

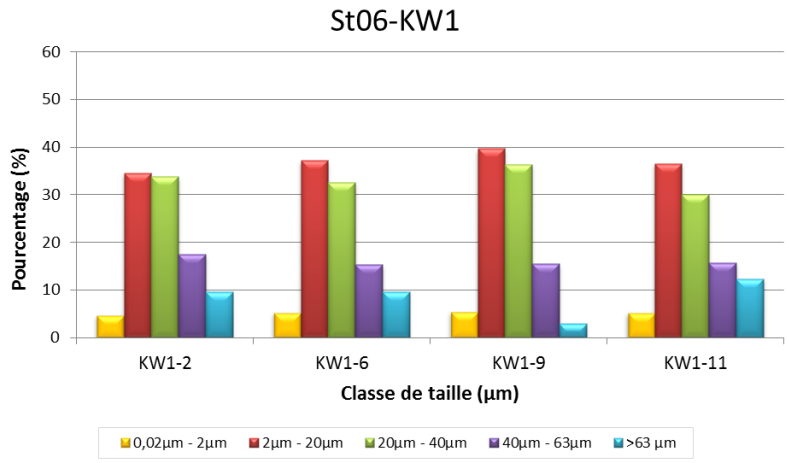


Figure 5 : Distribution granulométriques des populations de grains collectés en Baie Kwe par le piège à sédiments séquentiel, du 9 janvier au 25 février 2013.

4.2.1.3 Compositions minéralogiques

Les analyses réalisées par diffractométrie de rayons X (Tableau 3) ont été réalisée sur les MES des godets KW1-2, KW1-7, KW1-9 et KW-11. Les résultats montrent que les MES sont composées d'une part de goethite, signature minéralogique des formations latéritiques, et d'autre part de calcite, calcite magnésienne (phase majoritaire) et d'aragonite, qui autant de signatures des influences marines ; l'aragonite étant un des constituants majeurs des coquilles d'invertébrés.

Les résultats d'analyses semi-quantitatives tendent à montrer que les proportions de chacune des phases minérales sont équivalentes d'un prélèvement à l'autre.

La composition des particules demeure identique aux trois campagnes réalisées antérieurement (juillet-août 2011, janvier-février 2012 et septembre- octobre2012).

Comparativement aux deux premières campagnes (janvier-février 2011 et juillet-août 2012), la goethite est présente en très faibles proportions, quant à l'hématite, elle n'a été décelable que dans les échantillons de la première campagne de juillet-août 2011.

Tableau 3 : Composition minéralogique des MES collectées en Baie Kwé (station (St06-KW1) par le piège à sédiments séquentiel, du 9 janvier au 25 février 2013.

ECHANTILLON	Calcite (Mg)	Calcite	Aragonite	Goethite	Autres
KW1- 2	M	m	m	m	-
KW1- 7	M	m	m	m	-
KW1- 9	M	m	m	m	-
KW1-11	M	m	m	m	-

M = composant majoritaire ; m = composant minoritaire ; t = composant trace

4.2.1.4 Teneurs en carbonates

En Baie Kwé, les MES collectées sont constituées d'une fraction carbonatée qui reste majoritaire puisque celle-ci oscille entre 58,2 et 81,2 % (Figure 6), la valeur moyenne observée étant de 66,9 ±8,4 %.

Les teneurs observées pour cette campagne de janvier-février 2013 sont en moyenne bien inférieures à celles obtenues pour la campagne de la saison chaude précédente (janvier-février 2012 ; 79,7 ±2,6%) pour laquelle les valeurs minimale et maximale étaient de 74,9 et 83,4%, respectivement ; la teneur mesurée en 2013 se rapproche davantage des valeurs obtenues durant la saison fraiche (juillet-août 2011 et septembre-octobre 2012) période pour lesquelles il a été observé 67,7 ±3,2 % et 69,3 ±3,6 %, respectivement.

Les teneurs maximales entrent en coïncidence avec les forts alizés de secteurs SE installés en fin de période (14-17 février et 22-25 février).

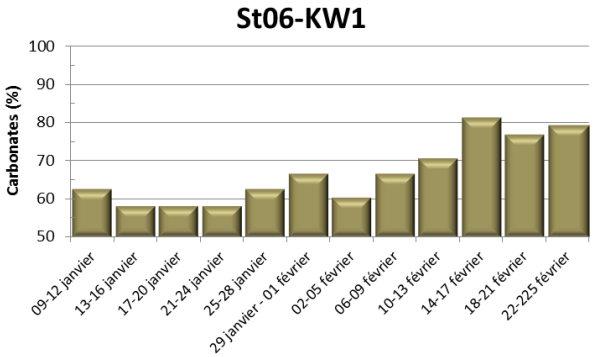


Figure 6 : Teneurs en carbonates dans les particules collectées par les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 9 janvier au 25 février 2013 en Baie Kwé (St06-KW1).

4.2.2 Canal de la Havannah (station St60-NE)

Note : *La quantité de matière particulaire collectée dans les 3 godets notés NE60-3 à NE60-5 a été très faible (m < 0,07 g). De plus, la fraction fine (Ø<40µm) ne représentant qu'au maximum 0,03 g (NE60-5), la détermination des*

compositions minéralogiques et des teneurs en carbonates n'ont pu être réalisées. Seules, les analyses en métaux et les granulométries ont été conduites sur ces 3 échantillons.

4.2.2.1 Masses collectées

A la station St60-NE (Figure 7), les masses collectées sont respectivement, infinitésimales entre le 17 et 28 janvier (0,05 g en NE60-3 ; 0,04 g en NE60-4 et 0,07 g en NE60-5) et maximale pour la période 10-13 février (8,77 g ; NE60-9). Par ailleurs, les masses collectées sont inférieures à 2 g jusqu'au 9 février puis augmentent subitement à la valeur maximale (NE60-9) avant de décroitre progressivement à 2,51 g (NE60-12). Cette grande quantité de MES coïncide avec un vent passant temporairement au secteur SW avec des vitesses atteignant les 14 m/s.

Les fractions grossières (Ø> 40 µm) sont quantitativement plus importantes dans les godets NE60-9 (3,17 g ; 10-13 février) et NE60-10 (2,73 g ; 14-17 février) ; la valeur minimale est de 0,03 g (NE60-4 ; 21-24 janvier).

Proportionnellement, la fraction grossière représente entre 36% (NE60-9 ; 10-13 février) et 80% (NE60-4 ; 21-24 janvier). Les plus fortes proportions de fraction grossière sont en général calculées pour les godets qui correspondent avec les périodes de très faible piégeage du début et milieu d'étude. Toutefois, la faiblesse des quantités pesées augmentent les incertitudes et ne permettent pas d'être affirmatif.

La série temporelle de piégeage de la station St60-NE est, en tous points, similaires à celle obtenue à la station St60-SW dont les valeurs minimale et maximale sont : 0,11 g (SW60-5) et 10,71 g (SW60-9).

En termes de variabilité interannuelle, la comparaison avec la campagne de janvier-février 2012 montre que les valeurs minimales sont exactement du même ordre (0,20 g) alors que pour les maximales celles de 2013 sont quasiment deux fois plus élevées qu'en 2012 (8,77 g et 5,39 g respectivement).

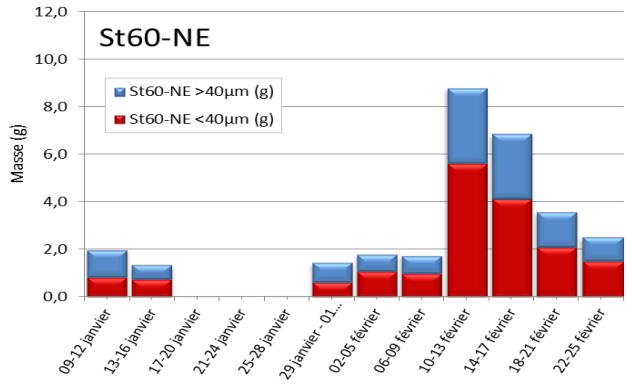


Figure 7 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 9 janvier au 25 février 2013 dans le Canal de la Havannah, au nord-est du diffuseur (St60-NE). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm)

4.2.2.2 Compositions granulométriques

La distribution des populations granulométriques montre une variation qui affecte de manière relative les classes de grains les plus grossières (Figure 8). Cette observation est particulièrement avérée pour les populations de très grandes tailles (Ø > 63 µm) et intermédiaires. En effet, les proportions de particules de grande taille sont minimales pour des conditions météorologiques d'alizés moyens, alors qu'elles sont maximales suite à l'épisode pluvieux du 17 février (NE60-11). Cette situation météorologique entraine également une diminution générale des populations de particules les plus fines et en particulier celles dont les diamètres sont compris entre 2 et 40 µm.

La distribution des populations granulométriques est en concordance avec les résultats de la campagne 2012 qui permettait d'observer la présence d'importantes populations de particules d'un diamètre supérieur à 63 µm en

saison chaude.

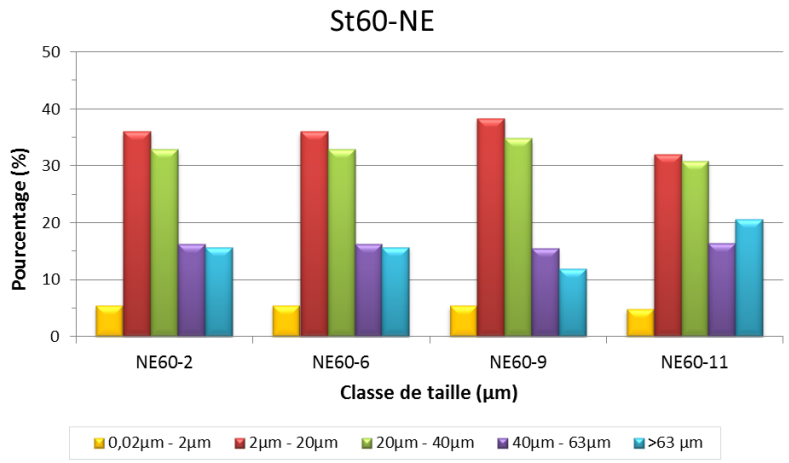


Figure 8 : Distribution granulométriques des populations de grains collectés dans le Canal de la Havannah par le piège à sédiments séquentiel, du 9 janvier au 25 février 2013.

4.2.2.3 Compositions minéralogiques

Les analyses diffractométriques ont été réalisées sur des MES provenant d'une part des godets NE60-10 et NE60-11 et d'autre part, d'échantillons composites en raison de la faible quantité récoltée pendant certaines périodes : les MES des godets NE60-1 et NE60-2 ont été regroupées, ainsi que celles de NE60-7 et NE-60-8.

Comme pour la station St60-SW, les analyses réalisées (Tableau 4) montrent que les MES sont composés principalement de minéraux comme la calcite, l'aragonite et la calcite magnésienne, cette dernière étant amplement majoritaire. Ici, aussi, ces minéraux mettent en évidence la dominance quasi-totale de l'influence marine, l'aragonite en particulier, étant un des constituants des coquilles des invertébrés. La goethite, marqueur des apports terrigènes issus des formations latéritiques n'est présente qu'à l'état de traces dans les quatre godets sélectionnés.

Tableau 4 : Composition minéralogique des MES collectées dans le Canal de la Havannah (station St60-NE) par le piège à sédiments séquentiel, du 9 janvier au 25 février 2013.

ECHANTILLON	Calcite (Mg)	Calcite	Aragonite	Goethite	Autres
NE60-1+2	M	m	m	t	-
NE60-7+8	M	m	m	t	-
NE60-10	M	m	m	t	-
NE60-11	M	m	m	t	-

M = composant majoritaire ; m = composant minoritaire ; t = composant trace

4.2.2.4 Teneurs en carbonates

Les teneurs en carbonates des échantillons de MES (Figure 9) sont relativement élevées et très homogènes : la valeur moyenne est de 77,1±1,0 % et les extrêmes de 75,1 et 79,2%.

Les teneurs en carbonates sont les plus faibles mesurées comparativement à la campagne de la précédente saison chaude (janvier-février ; 84,3 ±4,9 %) mais également par rapport aux campagnes de la saison fraiche de juillet-août 2011 (91,0 ±3,0 %) et septembre-octobre 2012 (85 ±1,4 %).

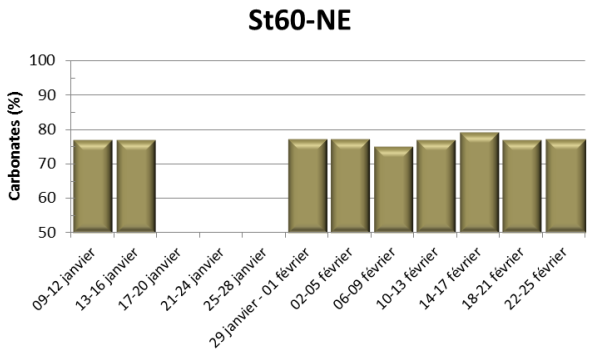


Figure 9 : Teneurs en carbonates dans les particules collectées par les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 9 janvier au 25 février 2013 dans le Canal de la Havannah (St60-NE). Les échantillons NE60-3 à NE60-5 n'ont être analysés par manque de matière.

4.2.3 Canal de la Havannah (station St60-SW)

Note : *La quantité de matière particulaire collectée dans les 4 godets notés NE60-3 à NE60-6 a été très faible (m < 0,26 g). De plus, la fraction fine (Ø<40µm) ne représentant qu'au maximum 0,15 g (NE60-6), la détermination des compositions minéralogiques et des teneurs en carbonates n'ont pu être réalisées. Seules, les analyses en métaux et les granulométries ont été conduites sur ces 4 échantillons.*

4.2.3.1 Masses collectées

A la station St60-SW (Figure 10), les échantillons étudiés montrent une très grande similarité avec ceux analysés pour la station jumelle St60-NE. En effet, les quantités minimale et maximale vont respectivement de 0,11 g (SW60-05 ; 25-28 janvier) à 10,71 g (SW60-9 ; 10-13 février). Toutefois, il est à noter que d'une manière globale les quantités collectées à cette station sont quelque peu supérieures à celles mesurées en St60-NE (0,04 g et 8,77 g, respectivement).

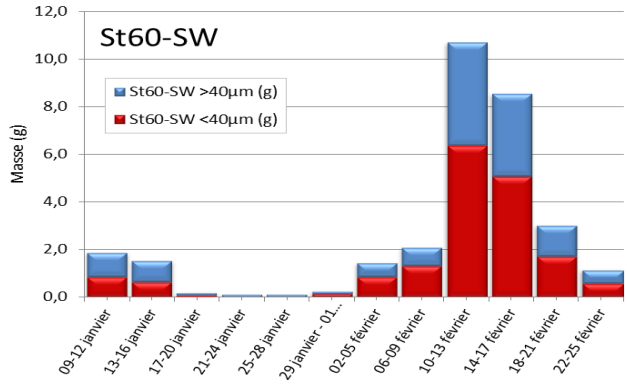


Figure 10 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 9 janvier au 25 février 2013 dans le Canal de la Havannah, au sud-ouest du diffuseur (St60-SW). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm).

En ce qui concerne les fractions grossières (Ø> 40 µm), celles-ci sont quantitativement plus importantes dans le godet SW60-9 (4,33 g ; 10-13 février) et minimale dans le godet SW60-5 (0,04 g ; 25-28 février). En termes de proportions, les masses de fractions grossières les plus importantes (> 50%) semblent correspondre avec les périodes de très faible piégeage du début et de milieu d'étude (9 janvier au 9 février). Toutefois, la faiblesse des quantités pesées augmente les incertitudes et ne permet pas d'être affirmatif.

En termes de variabilité interannuelle, les quantités collectées sont relativement proches de celles de la campagne antérieure obtenues pour la saison chaude (0,17-6,67 g ; janvier-février 2012).

4.2.3.2 Compositions granulométriques

La distribution des populations de grains est quasiment identique à celle observée à la station St60-NE (Figure 8 et Figure 11). Les fluctuations sont similaires et seules, les populations de silts fins et moyen est modifiée, celles-ci augmentant dans le dernier godet (SW60-11).

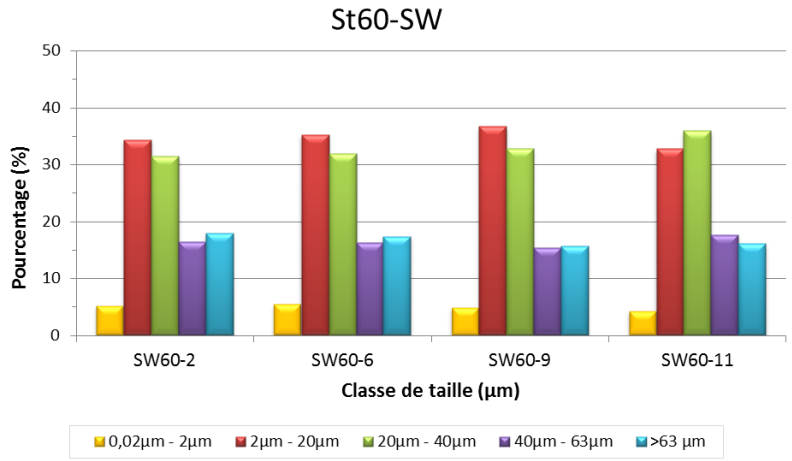


Figure 11 : Distribution granulométriques des populations de grains collectés dans le Canal de la Havannah par le piège à sédiments séquentiel, du 9 janvier au 25 février 2013.

4.2.3.3 Compositions minéralogiques

Comme pour la station St60-NE, les analyses diffractométriques ont été réalisées sur des MES provenant d'une part des godets NE60-10 et NE60-11 et d'autre part, d'échantillons composites en raison de la faible quantité récoltée pendant certaines périodes : les MES des godets NE60-1 et NE60-2 ont été regroupées, ainsi que celles de NE60-7 et NE-60-8

Les analyses réalisées (Tableau 5) montrent que les MES sont composés des mêmes minéraux qu'en St60-NE, comme la calcite, la calcite magnésienne et l'aragonite, principalement. De la même manière, ces minéraux mettent en évidence la dominance quasi-totale de l'influence marine, l'aragonite en particulier, étant un des constituants des coquilles des invertébrés. La goethite, marqueur des apports terrigènes issus des formations latéritiques est présente dans des proportions identiques pour les 4 prélèvements.

Par ailleurs, l'analyse semi-quantitative semble globalement montrer que les minéraux terrigènes, comme la goethite, sont en plus grande quantité dans les particules collectées en « saison chaude » qu'en « saison fraiche ». Les minéraux terrigènes, comme la goethite, sont en quantité équivalentes au niveau des deux stations de Canal.

Tableau 5 : Composition minéralogique des MES collectées dans le Canal de la Havannah (station St60-SW) par le piège à sédiments séquentiel, du 9 janvier au 25 février 2013.

ECHANTILLON	Calcite (Mg)	Calcite	Aragonite	Goethite	Autres
SW60-1+2	M	m	m	t	-
SW60-7+8	M	m	m	t	-
SW60-10	M	m	m	t	-
SW60-11	M	m	m	t	-

M = composant majoritaire ; **m** = composant minoritaire ; **t** composant à l'état de traces

4.2.3.4 Teneurs en carbonates

Globalement, comme pour sa station jumelle, les teneurs en carbonates des échantillons de MES (Figure 12) sont relativement élevées et très homogènes : la valeur moyenne est de 75,2 ±5,1 % et les extrêmes oscillent de 62,6 à 77,2 %.

De même, les teneurs en carbonates observées sont les plus faibles mesurées : 89,7 ±7,5 % pour la campagne de la saison chaude janvier-février 2012, 91,0 ±3,0 % et 82,7 ±2,4 %) pour les campagnes de la saison fraiche de juillet-août 2011 et septembre-octobre 2012, respectivement.

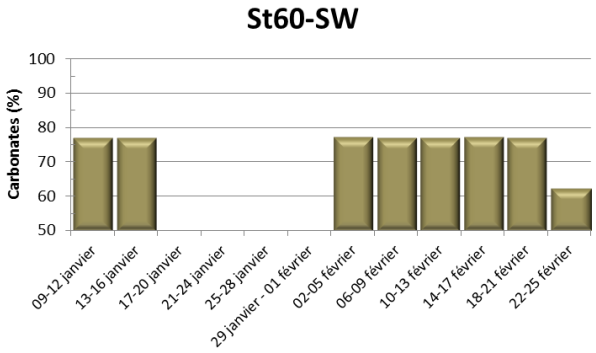


Figure 12 : Teneurs en carbonates dans les particules collectées par les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 9 janvier au 25 février 2013 dans le Canal de la Havannah (St60-SW).

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les précipitations atmosphériques du 17 février (50,1 mm) n'ont que très légèrement modifié les flux verticaux des particules au niveau de la Baie Kwé. Dans le Canal de la Havannah, aucune augmentation du flux n'est perceptible relié à cet événement.

Pour cette quatrième campagne, la masse minimale de MES collectée à la station St06-KW1 est 3,00 g. Cette valeurs est exactement la même que celle mesurée en septembre-octobre 2012. En ce qui concerne les maximales, la valeur de janvier-février 2012 (25,61 g) est comparable à celle obtenues dernièrement en janvier-février 2013 (21,66 g).

Dans le Canal de la Havannah, la comparaison avec la campagne de janvier-février 2012 montre que les valeurs minimales sont exactement du même ordre (0,20 g) alors que pour les maximales, en 2013 les masses sont quasiment deux plus élevée (8,77 g et 5,39 g respectivement). Pour la station jumelle St60-SW, les quantités collectées (0,11 g à 10,71 g) sont relativement proches de celles de la campagne 2012 (0,17-6,67 g).

D'une manière générale pour cette saison chaude, les MES collectées dans la Baie Kwé ont une granulométrie un peu plus fine que dans le Canal ; 18,5 à 28% des particules mesurent plus de 40 µm, contre 27,5 à 37,0 %, respectivement.

Pour la Baie Kwé, la concentration moyenne en carbonates (66,9 ±8,4 %) est notablement inférieure à celle de la campagne précédente de janvier-février 2012 (79,7 ±2,6 %). Plus faibles qu'en Baie Kwé, dans le Canal de la Havannah les teneurs sont aussi en notable baisse par rapport aux 3 autres campagnes.

Les principaux minéraux sont : la calcite, la calcite magnésienne et l'aragonite pour le domaine marin et la goethite pour l'influence terrigène que l'on ne retrouve bien identifiée que dans la Baie Kwé.

4.3 COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MATIERES EN SUSPENSION

Les valeurs des concentrations en métaux totaux, calcium et soufre dans les MES collectées par les pièges à sédiment séquentiels sont regroupées en Annexe 4.

4.3.1 Baie Kwé (station St06-KW1)

Les éléments métalliques analysés dans les MES de la Baie Kwé ont permis de mettre évidence les influences respectives des apports terrigènes (Co, Cr, Fe, Mn, et Ni) et marins (Ca). Pour tous les métaux, les concentrations obtenues peuvent montrer un écart maximum de l'ordre de 30 à 38 % (Tableau 6) ; le calcium ne montrant que 19 % d'écart entre les valeurs extrêmes. En conclusion, globalement, les variations constatées sont plus élevées qu'en saison fraiche (septembre- octobre 2012).

D'un point de l'évolution temporelle, les concentrations en métaux ont toutes enregistré les valeurs maximales pour la période 21-24 janvier (godet KW1-4) ; de part et d'autre de ce pic de concentration, les valeurs sont demeurées stables et du même ordre. Pour le calcium un schéma inverse s'est produit traduisant la diminution temporaire simultanée des influences marines.

Les niveaux de concentrations sont tous, sans exception, supérieurs à ceux de la campagne de la saison chaude précédente (janvier-février 2012). L'augmentation constatée oscille entre 16% (Fe) et 27% (Mn). Comme pour cette dernière, les résultats montrent ainsi, une légèrement augmentation par rapport à la campagne de juillet-août 2011 (Contrat Vale-NC/AEL, n°2684) et à ceux de l'Etat de Référence défini en 2007 (Contrat ŒIL/AEL, n°110328-OE-03, 2012).

Tableau 6 : Concentrations moyennes, écart-types et valeurs extrêmes des concentrations en métaux et calcium dans les MES collectées en Baie Kwé entre le 9 janvier et le 25 février 2013 (Station St06-KW1 ; n=12).

	ELEMENT ANALYSE (mg/kg)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
MIN	209 946	106	3 987	104 412	878	1 916
MAX	257 691	162	5 716	151 085	1 424	2 845
MOYENNE	236 752	126	4 634	123 394	1 123	2 258
ECART-TYPE	14 017	19	547	15 208	162	321
% RSD	6%	15%	12%	12%	14%	14%

La matrice de corrélation met en évidence, une nouvelle fois, une grande similarité (seuil > 0,95) d'évolution des concentrations massiques inter-éléments pour Co, Cr, Fe et Ni (Tableau 7) ; l'évolution des concentrations en Mn montrent un niveau de similarité moindre, comparativement aux résultats obtenus en janvier-février 2012. Toutefois, cette similarité globalement satisfaisante souligne que ces éléments métalliques appartiennent au cortège des formations latéritiques exploitées.

Les concentrations en calcium évoluent peu dans le temps mais la matrice de similarités montre qu'il existe bien une anti-corrélation entre celui-ci et les 5 métaux latéritiques (Tableau 7).

La normalisation des concentrations du calcium par le fer (Ca/Fe) souligne de manière notable les évolutions relatives distinctes des deux éléments qui représentent les pôles marins et terrigènes, respectivement (Figure 13) ; les valeurs minimale et maximale sont respectivement de 1,43 (KW-3 ; 17-20 janvier) et 2,41 (KW-1 ; 17-20 janvier) et sont comparables, pour les maximas, à celles des 2012. Pour les minimas les valeurs diffèrent puisqu'elles accusent une forte baisse en 2013.

Ainsi, les deux valeurs maximales des ratios Ca/Fe des godets KW-1 (9-12 janvier) et KW-10 (14-17 février) traduisent la mise en place de périodes de forte empreinte marine, à l'inverse, les valeurs minimales (KW-3 ; 17-20 janvier et KW4 ; 21-24 janvier) soulignent l'augmentation des apports terrigènes en coïncidence avec les pics de concentration en métaux. Entre les valeurs extrêmes, les ratios évoluent de manière relativement progressive.

Les deux valeurs maximales du ratio correspondent avec des régimes globalement de SE forts à modérés. La valeur minimale coïncide avec un régime de tendance E modéré.

Tableau 7 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium dans les MES collectées en Baie Kwé entre le 9 janvier et le 25 février 2013 (Station St06-KW1 ; n=12).

	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Ca	**1**					
Co	-0,932	**1**				
Cr	-0,865	**0,964**	**1**			
Fe	-0,930	**0,986**	**0,956**	**1**		
Mn	-0,900	0,930	0,886	**0,962**	**1**	
Ni	-0,908	**0,971**	0,938	**0,986**	0,925	**1**

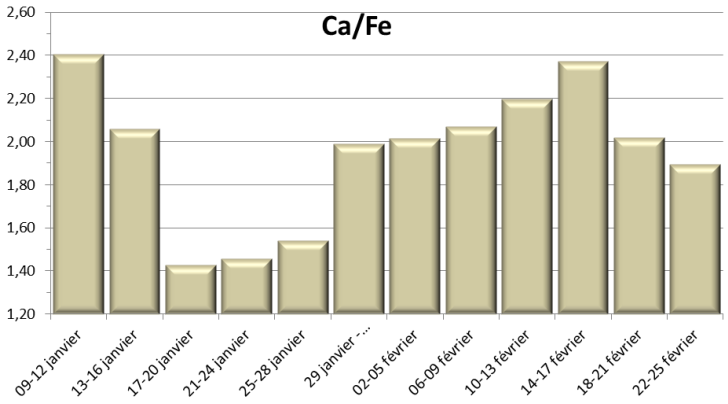


Figure 13 : Normalisation des concentrations en calcium par le fer pour les MES collectées en Baie Kwé (St06-KW1) entre le 9 janvier et le 25 février 2013.

Compte tenu de la constance des concentrations en calcium dans le milieu marin (Tableau 6), les ratios Ca/Fe permettent de montrer que l'influence terrigène à la station St60-KW1 :

- d'une part, semble plus importante en saison chaude en raison de l'ensemble des conditions hydro-climatiques ;
- d'autre part, parait s'accentuer notablement avec le temps (Tableau 8). En effet, les valeurs moyennes du rapport Ca/Fe, toutes saisons confondues, diminuent progressivement d'une campagne à l'autre passant de 3,17 ±0,5 (juillet-août 2011) à 1,95 ±0,33 (janvier-février 2013).

Il est à noter également que la valeur obtenue lors de la définition de l' « Etat de Référence » (2007/2008) était de 3,85 ±0,51 (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230).

Tableau 8 : Evolution temporelle du ratio moyen Ca/Fe dans les MES collectées par piège à sédiment séquentiel au niveau de la station St06-KW1 entre le 9 janvier et le 25 février 2013.

Ca/Fe	Janv-fév 2013	Sept-oct 2012	Janv-fév 2012	Juil-août 2011	2007-2008*
Moyenne	1,95	2,40	2,32	3,17	3,85
Ecart-type	0,33	0,31	0,18	0,50	0,51

(*) Valeurs obtenues lors de la définition de l'Etat de Référence.

4.3.2 Canal de la Havannah (station St60-NE)

4.3.2.1 Concentration en métaux et calcium

Les éléments analysés dans les MES collectées à l'est du diffuseur (St60-NE) ont logiquement permis de mettre en évidence une influence marine très marquée (Ca). Toutefois comme à l'accoutumé, les apports terrigènes (Co, Cr, Fe, Mn, et Ni) sont décelables, mais à des niveaux de concentrations respectifs bien moindres que dans les MES de la Baie Kwé.

Pour tous les éléments métalliques excepté Co, les concentrations observées en janvier-février 2013 sont plus élevées que pour la même période de 2012. Cette augmentation est comprise entre 3 % (Mn) et 19 % (Cr). Par rapport à la campagne de septembre-octobre 2012 de fin de saison fraiche, les écarts sont encore plus prononcés puisqu'ils passent de 28 % (Mn) à 32 % (Cr) d'augmentation en janvier-février 2013 ; le cobalt montrant une tendance inverse (-38%). De surcroît, comparativement à l'Etat de Référence 2007/2008 (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230) l'augmentation est encore plus notable puisque celle-ci affecte tous les éléments métalliques et se situe entre 35-49 % pour Co et 61-72 % pour Ni.

La matrice de corrélation (Tableau 10) ne permet de dégager qu'une seule similarité hautement significative entre Fe et Ni (Coefficient de Pearson R > 0,988), à noter que Cr montre également une tendance de comportement équivalente bien que moins prononcée.

Il doit être rappelé qu'une seule corrélation significative au seuil de similarité de 0,95 avait également été mise en évidence pour la campagne de janvier-février 2012 pour Cr et Fe à la station St60-NE. Cette statistique démontre que l'influence des apports terrigènes n'est pas prépondérante dans ce secteur du Canal de la Havannah.

Tableau 9 : Concentrations moyennes, écart-types et valeurs extrêmes des concentrations en métaux et calcium dans les MES collectées dans le Canal de la Havannah entre le 9 janvier et le 25 février 2013 (Station St60-NE ; n=10).

	ELEMENT ANALYSE (mg/kg)					
	Ca	**Co**	**Cr**	**Fe**	**Mn**	**Ni**
MIN	297 003	18	763	23 325	232	429
MAX	314 410	26	928	30 345	296	566
MOYENNE	306 914	21	834	26 131	262	478
ECART-TYPE	5 220	2	58	2 022	25	39
% RSD	2%	11%	7%	8%	9%	8%

Tableau 10 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium dans les MES collectées dans le Canal de la Havannah entre le 9 janvier et le 25 février 2013 (Station St60-NE; n= 10).

	Ca	**Co**	**Cr**	**Fe**	**Mn**	**Ni**
Ca	**1**					
Co	-0,307	**1**				
Cr	-0,539	0,589	**1**			
Fe	-0,412	0,694	0,909	**1**		
Mn	-0,540	0,555	0,528	0,466	**1**	
Ni	-0,414	0,717	0,877	**0,988**	0,522	**1**

Dans le Canal de la Havannah, la normalisation des concentrations du calcium par le fer oscille entre 10,0 et 13,3 et montre, d'une part, que les apports terrigènes sont faibles, et d'autre, part que ceux-ci ont été relativement constants au cours de la période.

D'un point de vue temporel et d'une manière générale, la variabilité du ratio Ca/Fe est faible et il ne diffère pas fortement selon les saisons, même si, effectivement, l'impact terrigène semble plus marqué pendant la saison

chaude (Tableau 11). Si ces observations démontrent que l'impact des apports terrigènes demeure modéré dans cette zone, quelle que soit la saison, il apparait toutefois assez clairement que les apports en particules latéritiques fines riches en métaux tendent à augmenter depuis la définition de l'Etat de Référence de 2007/2008.

Tableau 11 : Evolution temporelle du ratio moyen Ca/Fe dans les MES collectées par le piège à sédiment séquentiel au niveau de la station St60-NE.

Ca/Fe	Janv-fév 2013	Sept-oct 2012	Janv-fév 2012	Juil-août 2011	2007-2008*
Moyenne	11,8	19,0	14,3	Perte	26,8
Ecart-type	1,0	2,7	2,4	piège	6,7

(*) Valeurs obtenues lors de la définition de l'Etat de Référence.

4.3.2.2 Teneurs en soufre

La concentration moyenne en soufre est de 3112 ±284 mg/kg. Cette valeur montre que l'élément ne varie pas en fonction des conditions hydro-climatiques régnantes dans le Canal de la Havannah (Figure 14).

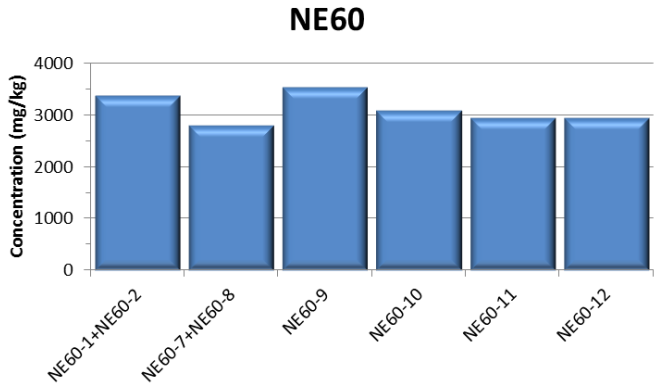


Figure 14 : Concentration du soufre dans les 6 godets correspondant aux événements météorologiques marquants enregistrés entre le 9 janvier et le 25 février 2013 dans le Canal de la Havannah (St60-NE).

4.3.3 Canal de la Havannah (station St60-SW)

4.3.3.1 Concentration en métaux et calcium

Comme pour la station jumelle St60-NE, les éléments analysés dans les MES collectées au sud-ouest du diffuseur (St60-SW) ont logiquement permis de mettre évidence principalement l'influence marine (Ca) et une composante terrigène affaiblie (Co, Cr, Fe, Mn, et Ni). Bien qu'incomplètes, les séries de résultats relatives aux stations St60-SW et St60-NE sont très proches.

Les apports terrigènes sont encore décelables bien que beaucoup moins exprimés que dans la Baie Kwé. Globalement, la variabilité des résultats est très comparable à celle observée à la station St60-NE (Tableau 9 et Tableau 12), toutes les deux présentant des concentrations un peu plus fortes qu'en janvier-février 2012. En effet, pour tous les éléments métalliques excepté Co, l'augmentation est comprise entre 3 % (Mn) et 19 % (Cr). Par rapport à la campagne de septembre-octobre 2012 de fin de saison fraiche, les écarts sont encore plus prononcés puisqu'ils passent de 25 % (Mn) à 29 % (Cr) d'augmentation en janvier-février 2013 ; le cobalt montrant, comme pour St60-NE, une tendance inverse (–45%).

Comparativement à l'Etat de Référence 2007/2008 (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230) l'augmentation est encore plus marquée puisque celle-ci affecte tous les éléments métalliques et se situe entre 32-47 % pour Co et 61-72 % pour Ni.

La matrice de corrélation (Tableau 13) ne permet de dégager que des tendances de similarité de comportement pour Cr, Fe et Ni (Coefficient de Pearson R < 0,95 ; Tableau 13).

Il doit être rappelé qu'aucune corrélation significative au seuil de similarité de 0,95 n'avait été mise en évidence pour la campagne de janvier-février 2012. Cette statistique démontre que l'influence des apports terrigènes n'est pas prépondérante dans ce secteur du Canal de la Havannah et en particulier à la station St60-SW.

Tableau 12 : Concentrations moyennes, écart-types et valeurs extrêmes des concentrations en métaux et calcium dans les MES collectées dans le Canal de la Havannah entre le 9 janvier et le 25 février 2013 (Station St60-SW ; n=9).

	ELEMENT ANALYSE (mg/kg)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
MIN	276308	10	762	23819	203	435
MAX	312663	27	1009	29939	307	546
MOYENNE	302643	20	839	26127	254	480
ECART-TYPE	10339	4	78	2164	34	38
% RSD	3%	22%	9%	8%	13%	8%

Tableau 13 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium dans les MES collectées dans le Canal de la Havannah entre le 9 janvier et le 25 février 2013 (Station St60-SW ; n=9).

	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Ca	**1**					
Co	0,583	**1**				
Cr	-0,622	-0,693	**1**			
Fe	-0,577	-0,509	0,933	**1**		
Mn	0,237	0,666	-0,616	-0,536	**1**	
Ni	-0,642	-0,267	0,813	0,917	-0,226	**1**

Pour cette station, la normalisation des concentrations du calcium par le fer montre la même fourchette de valeurs que pour la station jumelle St60-NE. En effet, elle oscille entre 9,2 et 13,1, ce qui suggère que les apports terrigènes sont faibles et que ceux-ci ont été relativement constants au cours de la période.

Toutefois, il est à noter que des évolutions très modérément distinctes sont observables entre les stations St60-NE et St60-SW, comme l'on montré les campagnes antérieures, quelle que soit la saison étudiée. Il semble donc admissible de considérer que les influences terrigènes sont plus estompées au niveau de la station St60-SW, malgré la proximité des deux point de mesures.

D'un point de vue temporel et d'une manière générale, la variabilité du ratio Ca/Fe est faible et il ne diffère pas fortement selon les saisons, même si l'impact terrigène semble nettement plus marqué pendant la saison chaude (Tableau 14). Toutefois, il apparait tout aussi clairement que les apports en particules latéritiques riches en métaux tendent à augmenter depuis la définition de l'Etat de Référence de 2007/2008.

Tableau 14 : Evolution temporelle du ratio moyen Ca/Fe dans les MES collectées par le piège à sédiment séquentiel au niveau de la station St60-SW.

Ca/Fe	Janv-fév 2013	Sept-oct 2012	Janv-fév 2012	Juil-août 2011	2007-2008*
Moyenne	11,7	17,3	13,9	31,3	26,8
Ecart-type	1,2	1,2	1,0	1,1	6,7

(*) Valeurs obtenues lors de la définition de l'Etat de Référence.

4.3.3.2 Teneurs en soufre

La concentration moyenne en soufre est de 2920 ±615 mg/kg. Cette valeur montre que l'élément ne varie pas en fonction des conditions hydro-climatiques régnantes dans le Canal de la Havannah (Figure 15).

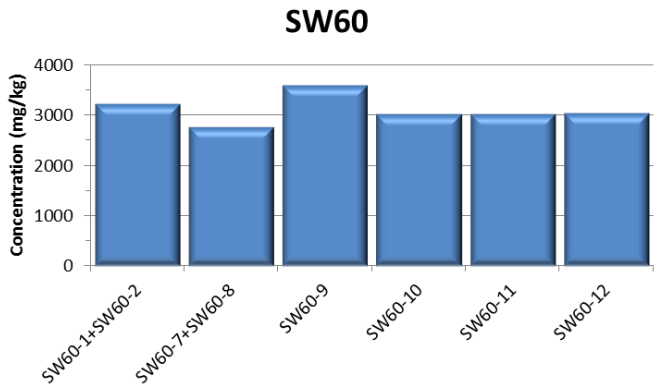


Figure 15 : Concentration du soufre dans les 6 godets correspondant aux événements météorologiques marquants enregistrés entre le 9 janvier et le 25 février 2013 dans le Canal de la Havannah (St60-SW).

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les conditions hydro-climatiques influent sur la valeur des paramètres géochimiques analysés qui montrent des évolutions temporelles tant en Baie Kwé que dans le Canal de la Havannah : ces variations sont d'ordre qualitatif et quantitatif.

En Baie Kwé (St06-KW1), les concentrations des métaux analysés sont hausse sensible (21 ±5 %) par rapport à celles de la campagne de la saison chaude précédente (janvier-février 2012). Plus généralement, ces valeurs montrent également une augmentation notable (60 ±20 %) par rapport aux résultats de l'Etat de Référence défini en 2007.

Pour les stations du Canal de la Havannah (St60-NE et St60-SW), globalement, les concentrations ont augmenté de manière plus modérée (16 ±8 %), pour tous les métaux sauf le cobalt dont la teneur décroit depuis septembre 2012. Toutefois, d'une manière générale, par rapport à l'Etat de référence de 2007, tous métaux confondus, l'accroissement est de 49 ±10 %.

Les compositions en métaux signent clairement l'origine latéritique des particules dans la Baie Kwé, alors que cette influence est très amoindrie dans le Canal, notamment en progressant vers l'ouest c'est-à-dire de de St60-NE à St60-SW.

La station St60-SW semble moins influencée par les apports terrigènes que sa jumelle St60-NE.

5 INTERPRETATION

5.1 INFLUENCE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES

5.1.1 Baie Kwé,

Dès la premières campagne (juillet-septembre 2011), le mouillage des pièges à sédiments avait conduit à établir un parallèle entre la quantité collectée, la distribution des populations granulométrique et l'action mécanique induite par certaines directions de vents. Des conditions météorologiques semblables ont été observées durant cette quatrième campagne (janvier-février 2013) et dans l'ensemble, elles ont donné lieu à la collecte d'une plus grande quantité de MES qu'en saison fraiche (septembre-octobre 2012), comme attendu.

Il ressort également qu'une forte proportion de ces particules est remise en suspension à la faveur de régimes de SE à S lorsque celui-ci est de relativement forte intensité (10 à 14 m/s ; Figure 16). Une telle conjonction de conditions climatiques s'est présentée entre 29 janvier et le 1 février 2013, période qui a permis de collecter la quantité maximale de MES de l'étude (21,7 g) ; aucune pluie significative n'a accompagné cet événement. Durant la période suivante, la masse collectée et tombée à 6,4 g en raison de l'installation de vents modérés (0 < FIX < 12 m/s) de secteur W ne générant pas de clapot à l'intérieur de la Baie Kwé.

Un épisode pluvieux modéré, accompagné de vents de secteurs SE et de force moyenne (8-12 m/s), a permis de collecter environ 14 g de MES, masse également collectée quelques jours auparavant sous l'action unique d'un alizé de même direction.

L'influence des apports terrigènes est maximale entre le 17 et 28 janvier et s'est traduite par une forte diminution du rapport Ca/Fe parallèlement à une augmentation importante des concentrations en métaux, comme le montre l'évolution de Ni. Cette variation des concentrations correspond avec les masses de MES collectée les plus faibles (Figure 16). Par ailleurs, durant cette période, les conditions hydro-climatiques coïncidaient avec un épisode de vents de SE d'intensité faible (4-10 m/s) basculant progressivement à l'E, avec des vitesses plus importantes (8-14 m/s). Dans ce contexte, seules les particules fines d'origine latéritique, riches en métaux, peuvent rester en suspension, ce mécanisme expliquant alors les fortes concentrations analysées.

A l'inverse, l'influence marine a été maximale (Ca/Fe en hausse) pour deux épisodes météorologiques différents. Le premier (09-12 janvier) s'explique par la persistance de vents de secteur NE-SE d'intensité variable (2-12 m/s ; Figure 16). Le deuxième (14-17 février) est généré par l'installation d'alizés d'E-SE constants et de forte intensité (12-18 m/s). Ces régimes sont alors capables de remettre en suspension les particules de gros diamètre issues de l'altération du platier corallien qui borde la Baie Kwé.

Rappel : *les régimes à dominantes E, N et W ne favorisent pas la formation d'un clapot suffisant pour engendrer des remises en suspension des particules, notamment en raison du relief environnant et de l'orientation de la baie ouverte vers le sud. De ce fait, seuls les régimes de secteur S et S-E forts (FIX > 10 m/s) permettent l'entrée dans la baie d'une houle capable de brasser les fonds et générer le remaniement des vases latéritiques.*
L'importance des fractions carbonatées augmente proportionnellement (ratio Ca/Fe), soit sous l'action des vents

faibles provenant des secteurs E, N et W qui contribuent au déplacement des masses d'eau enrichies en tests de micro-organismes marins comme les foraminifères, soit par l'installation de régimes forts globalement de secteurs SE à S (FIX > 14 m/s) capables de mettre en suspension les particules carbonatées plus grossières résultant de l'altération mécanique du platier.

5.1.2 Canal de la Havannah

Pour les deux stations du Canal de la Havannah (St60-NE et St60-SW), les répartitions temporelles sont identiques et montrent que le dépôt maximal (8,8 g et 8,6 g respectivement) coïncide avec une période d'influence terrigène minimale (Figure 17 et Figure 18). En effet, le ratio Ca/Fe devient maximum quand la concentration en Ni, respectivement 13,3 et 429 mg/kg est maximale. D'un point de vue des conditions météorologiques, cette période correspond à des régimes de secteurs NE à SE modérés (6 < FIX < 12 m/s), sans précipitations significatives. L'ensemble de ces conditions hydro-climatiques favorisent la circulation d'est en ouest des eaux enrichies en tests de micro-organismes provenant du récif barrière.

L'appauvrissement drastique en MES constaté entre le 17 et 29 janvier est en concordance avec des régimes météorologiques faibles à modérés de secteurs N à E principalement (Figure 17 et Figure 18). Dans ces conditions les eaux sont repoussées au large de la ligne de côte et, en l'absence de précipitations atmosphériques, ne transportent que peu de matière en suspension. A noter durant cette dernière période d'études que les précipitations atmosphériques enregistrées n'ont eu aucune conséquence sur la collecte des MES.

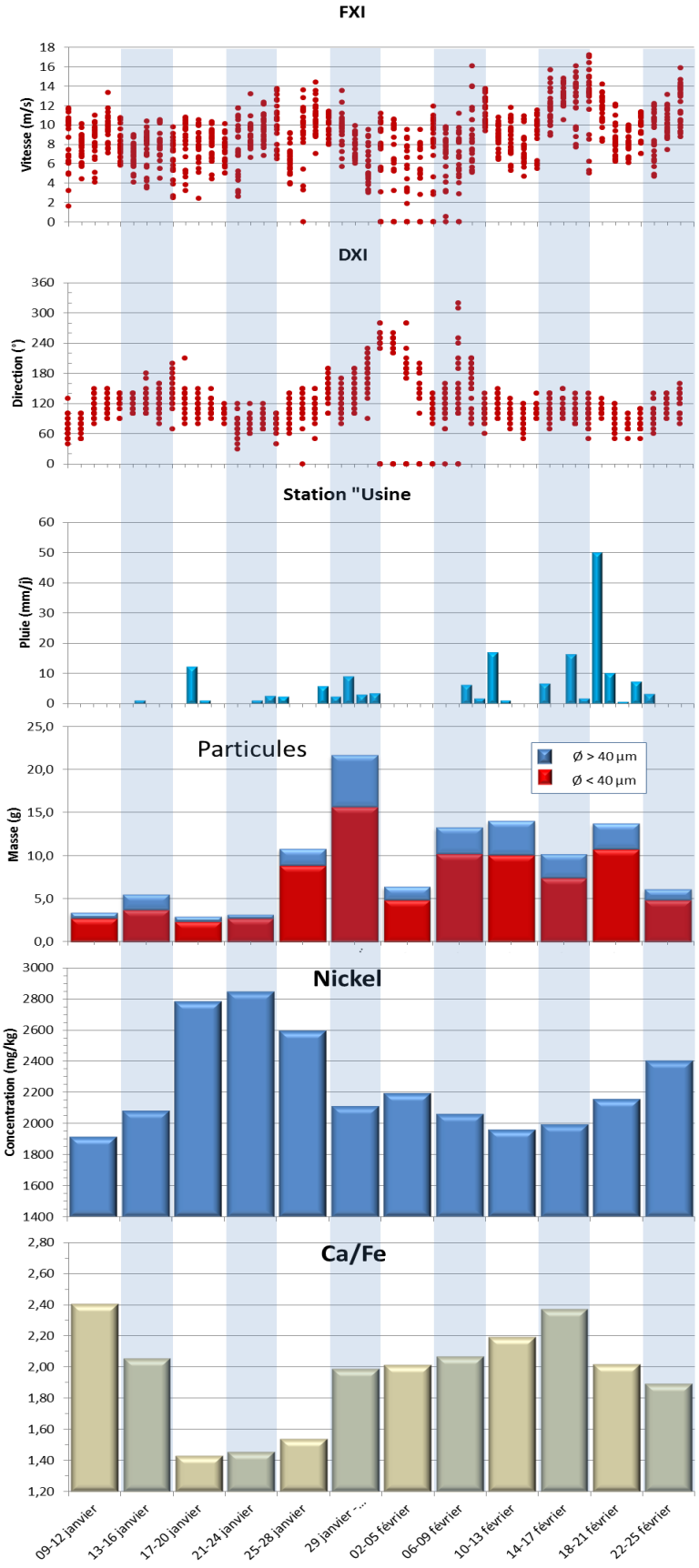


Figure 16 : Diagramme combiné : direction maximum des vents (DXI), vitesse maximum des vents instantanée (FXI, taux de précipitation, fractions inférieures et supérieures à 40 µm, concentration en nickel dans les MES et ratio Ca/Fe à la station St06-KW1 pour la période du 9 janvier au 25 février 2013.

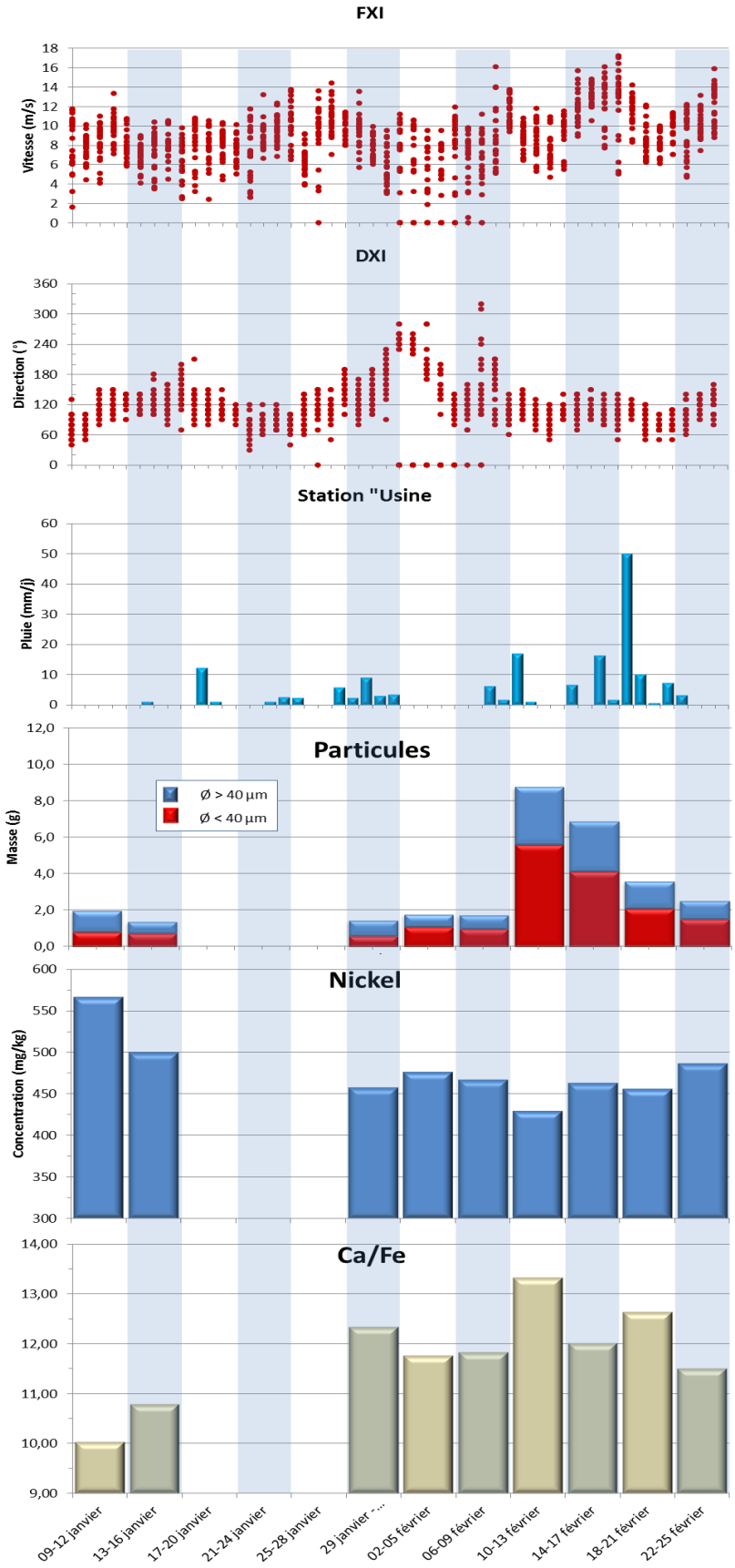


Figure 17 : Diagramme combiné : direction maximum des vents (DXI), vitesse maximum des vents instantanée (FXI, taux de précipitation, fractions inférieures et supérieures à 40 µm, concentration en nickel dans les MES et ratio Ca/Fe à la station St60-NE pour la période du 9 janvier au 25 février 2013.

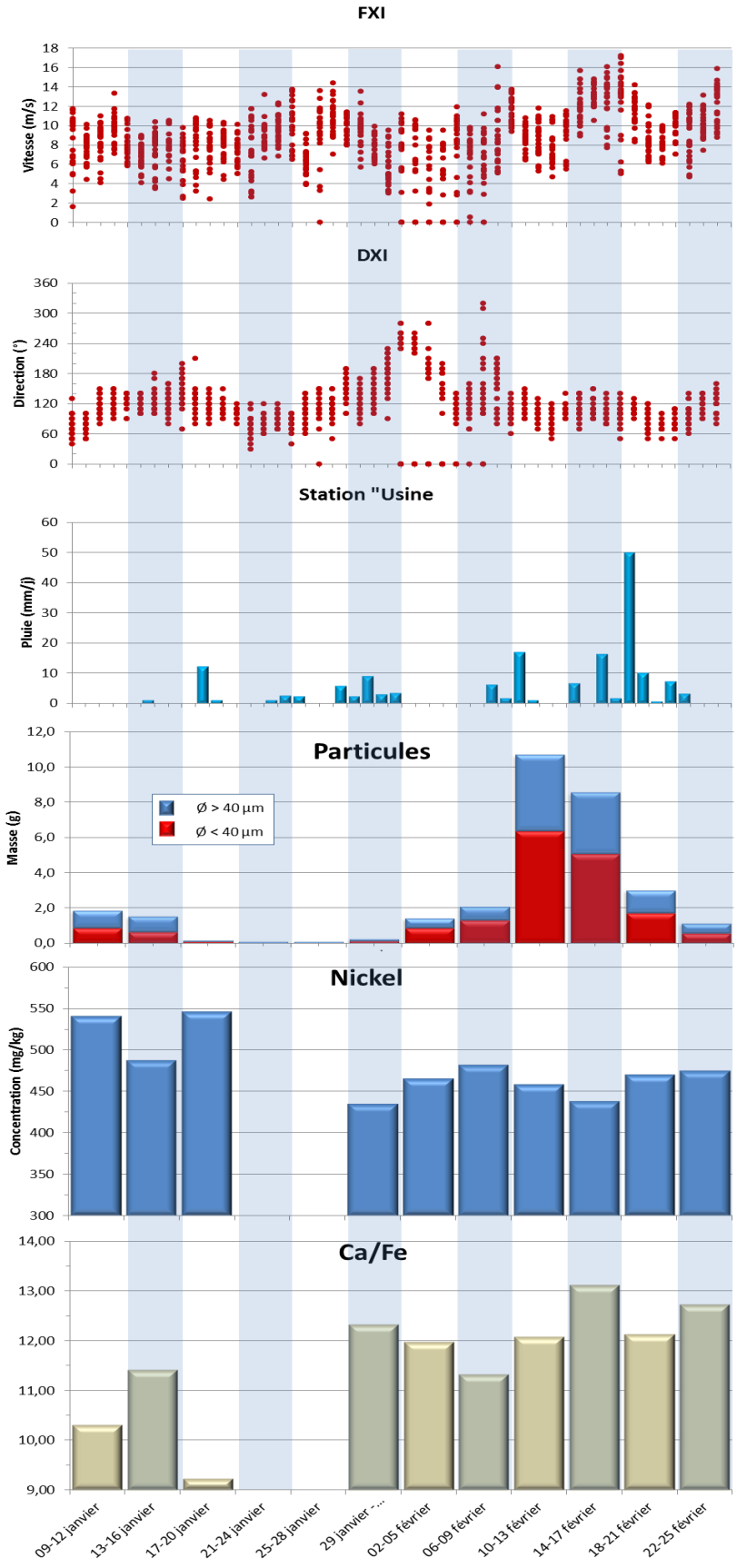


Figure 18 : Diagramme combiné : direction maximum des vents (DXI), vitesse maximum des vents instantanée (FXI, taux de précipitation, fractions inférieures et supérieures à 40 µm, concentration en nickel dans les MES et ratio Ca/Fe à la station St60-SW pour la période du 9 janvier au 25 février 2013.

5.2 CALCUL DES FLUX DE MATIERES

Les valeurs de densité de flux verticaux en MES et en métaux sont regroupées en Annexe 5.

MATIERE EN SUSPENSION

Les valeurs moyennes et écart-types des flux de particules ont été calculés sur la base des 4 campagnes réalisées entre juillet 2011 et janvier 2013 pour les deux ensembles, Baie Kwé et Canal de la Havannah. Une évaluation similaire a été également réalisée sur la base des résultats issus de la définition de l'Etat de Référence de 2007 (Tableau 15).

Pour la Baie Kwé, entre juillet 2011 et janvier 2013, les flux moyen de MES sont compris entre 27,1 ±30,0 et 46,2 ±9,5 g/m²/j. Ces valeurs mettent en évidence une grande variabilité temporelle des flux mais aussi, et malgré tout, une périodicité entre les saisons fraiches et chaudes ; durant ces dernières les flux étant bien plus élevées qu'en saison fraiche (Tableau 15). Par ailleurs, si aucun accroissement des flux ne semble vraiment notable, une tendance à l'augmentation parait tout de même se dessiner, bien exprimée en janvier-février 2013. En revanche, les flux mesurés en 2006 et 2007 conduisent à devoir prendre en considération les valeurs pour une même saison et leur progression d'une année sur l'autre, comme le montrent les calculs effectués pour les mois de mars 2007, janvier 2012 et janvier 2013 (Tableau 15), par exemple.

Pour le Canal de la Havannah, entre juillet 2011 et janvier 2013, les flux sont compris entre 3,5 ±3,0 et 12,7 ±15,4 g/m²/j (Tableau 15). Comme pour la Baie Kwé, une périodicité apparait montrant clairement que les apports sont au moins 2 fois plus importants en saison chaude qu'en saison fraiche. Par ailleurs, les valeurs observées en février 2007 semblent anormalement élevées, les résultats de celle de novembre 2007 étant dans l'ordre de grandeurs actuel. Toutefois, exception faite de ces flux calculés pour février 2007, dans le Canal de la Havannah (comme en Baie Kwé) les valeurs suivent une tendance à la hausse d'une saison froide/chaude à l'autre.

Tableau 15 : Valeurs moyennes et écart-types des densités de flux en matière particulaire au niveau des stations St06-KW1 (Baie Kwé), St60-NE et St60-SW (Canal de la Havannah). Valeurs calculées pour l'ensemble des 4 campagnes de juillet 2011 à janvier 2013 ; comparaison des valeurs obtenues avec celles mesurées en 2006 et 2007 pour la définition de l'Etat de Référence aux stations St06-KW1 pour la Baie Kwé et T4B, T4C et TCM) pour le Canal de la Havannah.

Baie Kwé (St06-KW1)

	nov-06	mars-07	juil-11	janv-12	sept-12	janv-13
Moyenne (g/m²/j)	14,6	28,3	27,1	39,5	26,4	46,5
Ecart-type	7,4	9,2	30,0	33,2	13,1	29,5
Masse sédimentée (g/m²)	700	1132	1299	1894	1267	2231

Canal de la Havannah (St60-NE et St60-SW)

	févr-07	nov-07	juil-11	janv-12	sept-12	janv-13
Moyenne (g/m²/j)	26,4	7,8	3,5	10,1	4,9	12,7
Ecart-type	33,2	7,7	3,0	9,6	6,5	15,4
Masse sédimentée (g/m²)	527	366	167	483	233	611

ELEMENTS METALLIQUES ET CALCIUM

Pour la Baie Kwé, les valeurs moyennes des densités de flux en métaux totaux ont augmenté entre 2011 et 2013. En effet, si les valeurs maximales sont restées du même ordre de grandeur, les minimales ont fortement progressé puisqu'entre juillet-août 2011 (1ère campagne) et janvier-février 2013 (4ème campagne) le bruit de fond géochimique

moyen a été multiplié par un facteur de 4,5 (Tableau 16). Cette augmentation est explicitée par **l'accroissement régulier des flux de matière terrigène particulaire de faible diamètre**, donc de plus forte concentration spécifique en métaux ; ces apports étant liés au débit solide du creek Kwé.

Il est à noter que le flux minimale de métaux mesuré lors de la première campagne (juillet-août 2011) était du même ordre de grandeur que celui observé lors de la définition de l'Etat de Référence (Tableau 17 et Figure 19), à contrario, les valeurs maximales étant déjà très différentes.

Pour le Canal de la Havannah, une augmentation moyenne des densités de flux en métaux est également observée entre 2011 et 2013 (Tableau 17 et Figure 19). Cependant et contrairement aux observations effectuées pour la Baie Kwé, l'accroissement des valeurs minimales, qui constituent le bruit de fond géochimique, ne semble pas être la raison principale, les masses d'eau étant cycliquement renouvelées par les courants provenant de la Passe de la Havannah. Il faut probablement rechercher la cause dans l'augmentation de la fréquence des épisodes d'apports importants qui prennent naissance dans la Baie Kwé.

En effet, il s'agit probablement de néphéloïdes résultant d'un phénomène de resuspension de particules issues d'un premier dépôt dans la Baie Kwé où le taux de sédimentation a progressé assez nettement. Régulièrement, ces particules sont alors probablement remises en suspension sous l'action mécanique des différents régimes de vents de S, puis transportées vers le Canal où elles suivent les courants dominants.

Les flux moyens en métaux ont été calculés pour chaque campagne de 48 jours de collecte ; leur évolution temporelle peut être illustrée par le cas du nickel (Figure 19). Celui-ci montre clairement que pour la Baie Kwé, et le Canal de la Havannah, l'augmentation des flux est notable, en particulier en janvier-février 2012 ; en saison fraiche, les flux devant moindres. Dans le Canal de la Havannah, si le phénomène est globalement identique avec une forte augmentation constatée en janvier 2013, l'évolution se singularise par une valeur très forte des flux en mars 2007. Cette valeur qui est bien réelle, n'est cependant pas explicitée dans cette étude. A noter cependant que l'évolution du fer dans la Baie Kwé, contrairement au nickel, montre pour cette même période une nette augmentation.

Tableau 16 : Valeurs minimales et maximales des densités de flux en éléments métalliques et calcium (mg/m²/j) au niveau des stations St06-KW1 (Baie Kwé), St60-NE et St60-SW (Canal de la Havannah).

ST06-KW1		DENSITE DE FLUX EN ELEMENTS (mg/m²/j)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Saison fraiche juillet-août 2011	Minimum	1 283	0,4	14,6	409	3,5	7,4
	Maximum	24 519	11,4	392,8	10 460	94,5	185,8
Saison chaude janvier-février 2012	Minimum	2 501	1,0	31,8	999	7,5	18,0
	Maximum	29 794	14,6	492,5	14 378	118,8	267,1
Saison fraîche sept-octobre 2012	Minimum	4 125	1,6	57,1	1 648	12,4	25,9
	Maximum	15 490	6,1	219,0	6 531	50,9	110,6
Saison chaude janvier-février 2013	Minimum	3 145	1,9	68,9	1 805	15,2	33,1
	Maximum	25 147	12,8	478,5	12 630	116,4	228,6

ST60-NE+ST60-SW		DENSITE DE FLUX EN ELEMENTS (MG/M²/J)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Saison fraiche juillet-août 2011	Minimum	122	0,01	0,17	5,4	0,08	0,14
	Maximum	3 732	0,16	5,03	156,9	1,59	2,74
Saison chaude janvier-février 2012	Minimum	314	0,03	0,7	22	0,20	0,46
	Maximum	9 543	0,93	21,4	736	9,16	13,38
Saison fraîche sept-octobre 2012		1564	0,08	3,0	90	0,8	1,5
	Maximum	15490	6,09	219,0	6531	50,9	110,6
Saison chaude janvier-février 2013	Minimum	152	0,14	0,6	16	0,1	0,3
	Maximum	16 479	1,05	43,8	1 364	14,3	24,6

Tableau 17 : Valeurs minimales et maximales des densités de flux en éléments métalliques et calcium (mg/m²/j) au niveau des stations St06-KW1 (Baie Kwé), T4B et T4C (Canal de la Havannah) obtenues lors de la phase de définition de l'Etat de Référence (2007-2008).

KW1		Densite de flux en elements (mg/m²/j)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Saison fraiche nov-déc 2006	Minimum	1 781	0,3	11,8	515	0,9	8,6
	Maximum	8 957	1,5	63,4	2 739	6,3	45,8
Saison chaude mars-avril 2007	Minimum	4 953	0,6	25,2	1 105	1,1	18,7
	Maximum	1 1267	1,5	67,1	2 927	7,1	49,5

T4C et T4B		Densite de flux en elements (mg/m²/j)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Saison chaude Février/mars 2007	Minimum	2 057	1,30	0,17	106	13,1	1,6
	Maximum	42 564	1,39	0,97	1700	13,8	26,7
Saison fraiche nov-dec 2007	Minimum	611	0,25	0,05	26	-	0,4
	Maximum	8 418	0,51	9,14	540	-	11,0

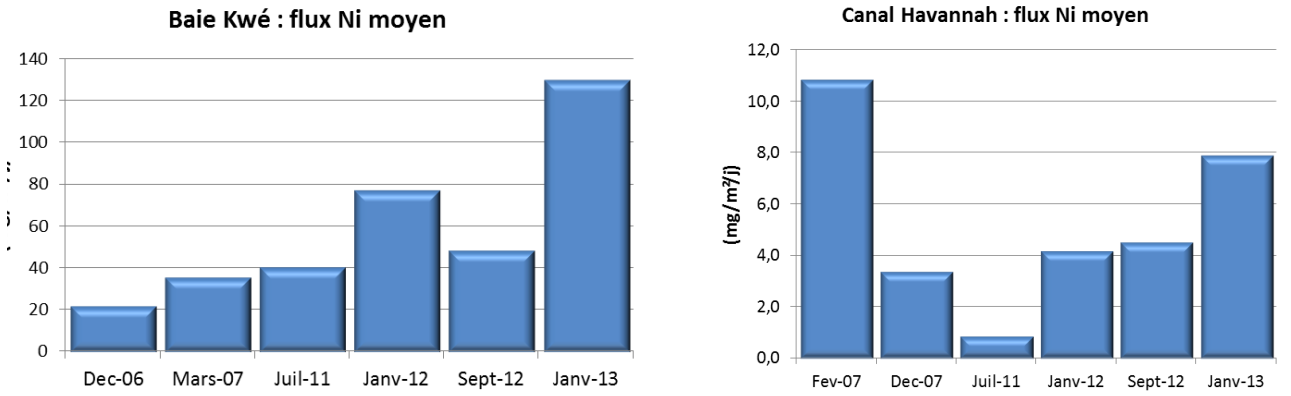


Figure 19 : Evolution temporelle des flux de nickel moyens (mg/m²/j) mesurés au niveau de la station St06-KW1 pour la Baie Kwé et des stations St60-NE + St60-SW dans le Canal de la Havannah depuis juillet 2011 et comparaison avec les valeurs observées en 2006/2007 (Etat de Référence).

Ce qu'il faut retenir

Comme pour les 3 autres campagnes, la distribution des MES dans les eaux, tant en Baie Kwé que dans le Canal de la Havannah, est grandement régie par l'action mécanique de la houle, elle-même générée par les vents, ces facteurs se combinant aux des effets de la lixiviation des bassins versants par épisode pluvieux.

En effet, en cohérence avec les résultats précédents, seuls les régimes d'un large secteur S sont susceptibles de remettre en suspension les particules sédimentées jusqu'à une profondeur de 10 m, ce mécanisme étant notamment observable dans la Baie Kwé mais également le long des côtes. Par ailleurs, les vitesses des vents supérieures à 14 m/s entrainent aussi la remise en suspension des particules carbonatées de plus fort diamètre, provenant de l'altération du platier récifal. Une fraction de toutes ces particules suit ensuite les courants dominants vers le secteur W du Canal de la Havannah.

Dans le Canal, l'alimentation en particules quasi exclusivement carbonatées, coïncide avec les vents de secteurs E mais également SW qui balayent l'important système récifal du lagon sud-est.

Les valeurs de flux de matière particulaire (MES) et de métaux entrent toutes dans les gammes observées antérieurement en saison chaude bien qu'une augmentation globale soit perceptible en 2012 et 2013 ; à saison équivalent, **ces flux de métaux sont quasiment tous supérieurs de près de 50%** par rapport aux campagnes précédentes et bien évidemment aussi par rapport aux valeurs obtenues pour la définition de l'Etat de Référence de 2007, en Baie Kwé comme dans le Canal de la Havannah.

6 CONCLUSION

Pour la période d'études comprise en le 09 janvier et le 25 février 2013 (saison chaude), les vents ont montré une variabilité temporelle classique conduisant à une constance des régimes d'alizés de SE forcissant nettement à partir du 14 février (18 m/s). Ce régime a été interrompu en milieu de période d'études (01 février) par un « coup d'ouest » de quelques jours mais de faible intensité (10 m/s) ; quelques journées ont été marquées par des vents de secteurs E de 2 à 10 m/s.

En termes de précipitations, seul un épisode notable est à signaler (50,1 mm) le 18 février. Ce contexte hydro-climatique a conduit aux observations suivantes :

1. **BAIE KWE**
    a. Les précipitations n'ont pas généré de couche turbide notable dans la baie.
    b. Hormis une turbidité moyenne constatée entre le 06 et le 21 février, un seul néphéloïde s'est formé en milieu de période (29 janvier – 01 février) sous l'effet combiné de la direction des vents (SE à S) et de leur force (jusqu'à 16 m/s).
    c. Un régime d'alizés modérés, entre le 09 et 25 janvier, forcissant en fin de période a favorisé le transport des particules latéritiques les plus fines, très enrichies en métaux.
    d. Comme déjà mentionné en conclusion des rapports précédents, non seulement la direction des vents de secteur S est déterminante pour la formation des néphéloïdes, mais les vitesses supérieures à 10 m/s semblent nécessaires pour entrainer une remise en suspension des particules latéritiques fines déposées à l'intérieur de la baie. Des vents plus rapides conduisent à la resuspension de particules moyennes à grossières (Ø > 40 µm) carbonatées provenant du platier récifal (observation du 14 au 17 février).
2. **CANAL DE LA HAVANNAH**
    a. Cette période d'étude se caractérise par la faible quantité de MES collectée dans chacun des deux pièges jusqu'au 10 février où la masse collectée a atteint un peu plus de 10 g (10-13 février) puis 8 g (14-17 février) avant de décroitre rapidement. Cet événement a été marqué par une forte augmentation des particules carbonatées, en liaison probable avec les régimes de secteur E modérés à forts qui poussent les eaux du large vers l'intérieur du lagon via le Canal de la Havannah.
    b. Comme estimé antérieurement, au niveau des stations de mesure, la charge minérale attribuée aux apports terrigènes issus de la Kwé est fortement diluée. Cette diminution s'explique par les effets de dispersion et les faibles apports terrigènes induits par le Kwé durant cette période.
    c. Les apports en calcium sont liés aux nombreux débris coquillers et tests de micro-organismes qui composent les particules.
    d. Dans le Canal de la Havannah, en dehors de ces périodes météorologiques particulières et en l'absence de forts épisodes pluvieux, les flux de particules sont très modestes et leur nature est, logiquement, à très forte dominance marine (%CaCO3 > 95).

A ce stade de l'activité industrielle, aucune trace d'enrichissement anormal en calcium ou en soufre (signatures potentielles du rejet) dans les MES collectées aux stations St60-NE et/ou St60-SW ne permet de déceler l'influence de l'effluent (présence de gypse).

Toutefois, il est nettement observé une augmentation des flux de matière depuis 2011. Si les flux de MES sont en progression, les apports en métaux proportionnellement semble bien plus importants dans la Baie Kwé mais également dans le Canal. Bien évidemment, ce phénomène est particulièrement observable pour la Baie Kwé puisque les flux de MES doublent et les apports en nickel triplent ; cette différence s'expliquant probablement par l'évolution du matériel particulaire qui provient de zones du front de mine plus profondes. Les augmentations de flux (MES et métaux) dans le Canal de la Havannah, sont probablement liées à la remise en suspension des particules ayant dans un premier temps sédimenté dans la Baie Kwé avant d'être transportées.

7 REFERENCES

Ankley, G. T., D. M. Di Toro, et al. (1996). Technical basis and proposal for deriving sediment quality criteria for metals. Environmental Toxicology and Chemistry 15(12): 2056-2066.

ASTM, 1997. E1850 – 97 : Standard Guide for Selection of Resident Species as Test Organisms for Aquatic and Sediment Toxicity Tests. American Society for Testing and Material – International, West Conshohocken, PA, United States, 13 p.

Bodeï & Pointeau, 2009 – Bilan de la réactivité géochimique de l'effluent. Modélisation chimie-transport en champs proche du diffuseur. DEN/DTN/SMTM/LMTE/NT/2009/05 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1124), 58p.

Douillet P. et Fernandez JM, 2009. Modélisation et simulation du transport des formes dissoutes et particulaires. Simulation annuelle de la sédimentation des particules naturelles en contact avec l'effluent. Convention IRD/Goro-Nickel n°1124, 55p.

Derex P, Douillet P, Le Gendre R, 2008b. Modélisation et simulation du transport des formes dissoutes et particulaires. Modèle de transport. Simulation annuelle du rejet. Convention IRD/Goro-Nickel n°1124, 196p.

INERIS, 2003. Analyse critique de l'acceptabilité du niveau de rejet de manganèse dans le milieu marin – Rapport Final, Goro Nickel. H. Baroudi, J. Bureau, C. Rollin, Institut de l'Environnement Industriel et des Risques – Direction des Risques Chroniques, INERIS-DRC-03-53097/DESP-R02, 17 décembre 2003, 37 p. + Annexes.

ISO, 2006a. ISO 10253: Qualité de l'eau – Essai d'inhibition de la croissance des algues marines avec Skeletonema costatum et Phaeodactylum tricornutum. Organisation Internationale de Standardisation (ISO), Genève, Suisse, 12 p.

8 LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: AIRE D'ETUDE POUR LE SUIVI DES FLUX VERTICAUX DE PARTICULES ISSUES DU PROCESS DE PRODUCTION DE L'USINE ET DES ACTIVITES D'EXCAVATION DE MINE DE VALE-NC. LE TRAIT ROUGE REPRESENTE LE DIFFUSEUR, DE PART ET D'AUTRE FIGURENT LES DEUX STATIONS ST60-SW ET ST60-NE LOCALISEES A 60M DU REJET. EN BAIE KWE LE PIEGE A SEDIMENTS A ETE MOUILLE A LA STATION ST06-KW1. LA STATION ST09 APPARTIENT AU RESEAU SEMESTRIEL DE SURVEILLANCE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA COLONNE D'EAU. 10

FIGURE 2 : PUISSANCE TYPE DE L'EPAISSEUR DE MARQUAGE PAR L'EFFLUENT (RHODAMINE-WT) POUR DES CONDITIONS COURANTOLOGIQUES DE MI-MAREES DE MORTE-EAU (GAUCHE) ET DE VIVE-EAU (DROITE) AU NIVEAU DE LA STATION ST60-SW. 10

FIGURE 3 : ENREGISTREMENT DES « *TAUX DE PRECIPITATIONS JOURNALIERS (RR)* » EN (MM/J), « *DIRECTION DES VENTS MOYENS JOURNALIERS (DD)* » EN (°) ET « *VITESSE DES VENTSMOYENS JOURNALIERS (FF)* » EN (M/S), A LA STATION METEOROLOGIQUE DE L'« USINE » DE VALE-NC POUR LA PERIODE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013. 13

FIGURE 4 : MASSES COLLECTEES DANS LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013 EN BAIE KWE (ST06-KW1). COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION (MES) : IMPORTANCE DES FRACTIONS FINES (< 40 µM) ET FRACTIONS GROSSIERES (> 40 µM).....14

FIGURE 5 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUES DES POPULATIONS DE GRAINS COLLECTES EN BAIE KWE PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013. 15

FIGURE 6 : TENEURS EN CARBONATES DANS LES PARTICULES COLLECTEES PAR LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013 EN BAIE KWE (ST06-KW1).....16

FIGURE 7 : MASSES COLLECTEES DANS LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH, AU NORD-EST DU DIFFUSEUR (ST60-NE). COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION (MES) : IMPORTANCE DES FRACTIONS FINES (< 40 µM) ET FRACTIONS GROSSIERES (> 40 µM).....17

FIGURE 8 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUES DES POPULATIONS DE GRAINS COLLECTES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013. 18

FIGURE 9 : TENEURS EN CARBONATES DANS LES PARTICULES COLLECTEES PAR LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-NE). LES ECHANTILLONS NE60-3 A NE60-5 N'ONT ETRE ANALYSES PAR MANQUE DE MATIERE.....19

FIGURE 10 : MASSES COLLECTEES DANS LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH, AU SUD-OUEST DU DIFFUSEUR (ST60-SW). COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION (MES) : IMPORTANCE DES FRACTIONS FINES (< 40 µM) ET FRACTIONS GROSSIERES (> 40 µM).....19

FIGURE 11 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUES DES POPULATIONS DE GRAINS COLLECTES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013.....20

FIGURE 12 : TENEURS EN CARBONATES DANS LES PARTICULES COLLECTEES PAR LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-SW). 21

FIGURE 13 : NORMALISATION DES CONCENTRATIONS EN CALCIUM PAR LE FER POUR LES MES COLLECTEES EN BAIE KWE (ST06-KW1) ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013. 23

FIGURE 14 : CONCENTRATION DU SOUFRE DANS LES 6 GODETS CORRESPONDANT AUX EVENEMENTS METEOROLOGIQUES MARQUANTS ENREGISTRES ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-NE). 25

FIGURE 15 : CONCENTRATION DU SOUFRE DANS LES 6 GODETS CORRESPONDANT AUX EVENEMENTS METEOROLOGIQUES MARQUANTS ENREGISTRES ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-SW). 27

FIGURE 16 : DIAGRAMME COMBINE : DIRECTION MAXIMUM DES VENTS (DXI), VITESSE MAXIMUM DES VENTS INSTANTANEE (FXI, TAUX DE PRECIPITATION, FRACTIONS INFERIEURES ET SUPERIEURES A 40 µM, CONCENTRATION EN NICKEL DANS LES MES ET RATIO CA/FE A LA STATION ST06-KW1 POUR LA PERIODE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013. 30

FIGURE 17 : DIAGRAMME COMBINE : DIRECTION MAXIMUM DES VENTS (DXI), VITESSE MAXIMUM DES VENTS INSTANTANEE (FXI, TAUX DE PRECIPITATION, FRACTIONS INFERIEURES ET SUPERIEURES A 40 µM, CONCENTRATION EN NICKEL DANS LES MES ET RATIO CA/FE A LA STATION ST60-NE POUR LA PERIODE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013. 31

FIGURE 18 : DIAGRAMME COMBINE : DIRECTION MAXIMUM DES VENTS (DXI), VITESSE MAXIMUM DES VENTS INSTANTANEE (FXI, TAUX DE PRECIPITATION, FRACTIONS INFERIEURES ET SUPERIEURES A 40 µM, CONCENTRATION EN NICKEL DANS LES MES ET RATIO CA/FE A LA STATION ST60-SW POUR LA PERIODE DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013.....32

FIGURE 19 : EVOLUTION TEMPORELLE DES FLUX DE NICKEL MOYENS (MG/M²/J) MESURES AU NIVEAU DE LA STATION ST06-KW1 POUR LA BAIE KWE ET DES STATIONS ST60-NE + ST60-SW DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH DEPUIS JUILLET 2011 ET COMPARAISON AVEC LES VALEURS OBSERVEES EN 2006/2007 (ETAT DE REFERENCE). 35

9 LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LOCALISATION EXACTE DES TROIS STATIONS DE MOUILLAGE DES PIEGES A PARTICULES SEQUENTIELS : CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-SW ET ST60-NE) ET EN BAIE KWE (STKW1). CES COORDONNEES SONT CONFORMES AU REFERENTIEL WGS-84. 9

TABLEAU 2 : LISTE DES ECHANTILLONS COLLECTES AUX STATIONS DE MOUILLAGE DES PIEGES A SEDIMENTS (ST60-SW, STST60-NE ET ST06-KW1) ET PERIODES DE COLLECTE ENTRE JANVIER ET FEVRIER 2013. 11

TABLEAU 3 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES COLLECTEES EN BAIE KWE (STATION (ST06-KW1) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013. 16

TABLEAU 4 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (STATION ST60-NE) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013. 18

TABLEAU 5 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (STATION ST60-SW) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 9 JANVIER AU 25 FEVRIER 2013. 20

TABLEAU 6 : CONCENTRATIONS MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES EN BAIE KWE ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013 (STATION ST06-KW1 ; N=12). 22

TABLEAU 7 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES EN BAIE KWE ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013 (STATION ST06-KW1 ; N=12). 23

TABLEAU 8 : EVOLUTION TEMPORELLE DU RATIO MOYEN CA/FE DANS LES MES COLLECTEES PAR PIEGE A SEDIMENT SEQUENTIEL AU NIVEAU DE LA STATION ST06-KW1 ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013. 23

TABLEAU 9 : CONCENTRATIONS MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013 (STATION ST60-NE ; N=10). 24

TABLEAU 10 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013 (STATION ST60-NE; N= 10). 24

TABLEAU 11 : EVOLUTION TEMPORELLE DU RATIO MOYEN CA/FE DANS LES MES COLLECTEES PAR LE PIEGE A SEDIMENT SEQUENTIEL AU NIVEAU DE LA STATION ST60-NE. 25

TABLEAU 12 : CONCENTRATIONS MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013 (STATION ST60-SW ; N=9). 26

TABLEAU 13 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ENTRE LE 9 JANVIER ET LE 25 FEVRIER 2013 (STATION ST60-SW ; N=9). 26

TABLEAU 14 : EVOLUTION TEMPORELLE DU RATIO MOYEN CA/FE DANS LES MES COLLECTEES PAR LE PIEGE A SEDIMENT SEQUENTIEL AU NIVEAU DE LA STATION ST60-SW. 26

TABLEAU 15 : VALEURS MOYENNES ET ECART-TYPES DES DENSITES DE FLUX EN MATIERE PARTICULAIRE AU NIVEAU DES STATIONS ST06-KW1 (BAIE KWE), ST60-NE ET ST60-SW (CANAL DE LA HAVANNAH). VALEURS CALCULEES POUR L'ENSEMBLE DES 4 CAMPAGNES DE JUILLET 2011 A JANVIER 2013 ; COMPARAISON DES VALEURS OBTENUES AVEC CELLES MESUREES EN 2006 ET 2007 POUR LA DEFINITION DE L'ETAT DE REFERENCE AUX STATIONS ST06-KW1 POUR LA BAIE KWE ET T4B, T4C ET TCM) POUR LE CANAL DE LA HAVANNAH. 33

TABLEAU 16 : VALEURS MINIMALES ET MAXIMALES DES DENSITES DE FLUX EN ELEMENTS METALLIQUES ET CALCIUM (MG/M²/J) AU NIVEAU DES STATIONS ST06-KW1 (BAIE KWE), ST60-NE ET ST60-SW (CANAL DE LA HAVANNAH). 34

TABLEAU 17 : VALEURS MINIMALES ET MAXIMALES DES DENSITES DE FLUX EN ELEMENTS METALLIQUES ET CALCIUM (MG/M²/J) AU NIVEAU DES STATIONS ST06-KW1 (BAIE KWE), T4B ET T4C (CANAL DE LA HAVANNAH) OBTENUES LORS DE LA PHASE DE DEFINITION DE L'ETAT DE REFERENCE (2007-2008). 35

10 LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : DESCRIPTION DES METHODES DE TRAITEMENT ET D'ANALYSES DES ECHANTILLONS.

ANNEXE 2 : VALEURS JOURNALIERES DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES (DONNEES VALE-NC) : PRECIPITATIONS, DIRECTION ET VITESSE DU VENT.

ANNEXE 3 : RESULTATS D'ANALYSES ET MESURES DES MES DU CANAL DE LA HAVANNAH ET DE LA BAIE KWE : MASSES COLLECTEES, GRANULOMETRIES DES POPULATIONS DE GRAINS, COMPOSITIONS MINERALOGIQUES, TENEURS EN CARBONATES ET OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES.

ANNEXE 4 : RESULTATS DE CALCULS DE CONCENTRATIONS EN METAUX TOTAUX, CALCIUM ET SOUFRE DANS LES MES DE LA BAIE KWE ET DU CANAL DE LA HAVANNAH.

ANNEXE 5 : RESULTATS DE CALCULS DES VALEURS DE DENSITE DE FLUX EN MES ET EN METAUX.

ANNEXE – 1

Description des méthodes de traitement et d'analyses des échantillons

Evaluation des flux de MES

Les flux verticaux de particules apportées par le réseau hydrologique de la Baie Kwe sont estimés par collecte de séries temporelles d'échantillons de MES. Cette opération est assurée par le déploiement de pièges à sédiment de type séquentiel de 0,05 m² de section efficace (Technicap, type PPS4/3) qui est gréé sur une ligne de mouillage équipée avec un largueur acoustique. La durée d'immersion a été de 1,5 mois environ (18 janvier -05 mars 2012).

La collecte séquentielle est réalisée avec un pas de temps programmé de 96 heures (4 jours), soit un total de 12 échantillons pour 48 jours.

Les matières en suspension collectées sont traitées au laboratoire, conditionnées puis conservées par congélation dans des sachets à usage unique. Les MES sont ensuite caractérisées de manière à évaluer les fractions terrigènes et marines (carbonates). Les flux sont estimés (g/m²/j) et confrontés aux différents régimes météorologiques et/ou hydrodynamiques.

Techniques et analyses

Dosage des carbonates

Les teneurs en carbonate sont déterminées sur les fractions pélitiques (Ø < 40 µm) par la méthode dite du « calcimètre de Bernard ». Cette méthode consiste en une attaque du sédiment grâce à une solution d'acide chlorhydrique qui génère la formation de CO_2. Le volume de gaz est titré et la concentration en carbonate de calcium est déterminée par relation stœchiométrique.

Granulométrie

L'étude de la distribution des populations de particules fines (silts et argiles) est conduite sur la fraction < 2000 µm après élimination des organismes « actifs » (Swimmers). La distribution de ces populations est réalisée par granulométrie laser après remise en suspension des sédiments, ajout d'agent dispersant (Pyrophosphates de Na/K) et agitation aux ultrasons. Seulement 4 échantillons par carrousel sont analysés.

Cette analyse a été confiée à l'Université d'Auckland (School of Environment), Nouvelle-Zélande.

Minéralogie

Les sources et l'évolution temporelle des matériaux sont estimées en fonction des espèces minérales décelées. Les déterminations de ces espèces sont effectuées par diffraction de rayons X (DRX) sur les 4 échantillons pélitiques (Ø < 40 µm)de l'étude granulométrique.

Cette analyse a été confiée à l'Université d'Auckland (School of Environment), Nouvelle-Zélande.

Dosage des métaux dans les MES

Le dosage des métaux, nécessaire pour le suivi des flux de polluants est conduit par attaque totale des fractions pélitiques (Ø < 40 µm) des sédiments par fusion alcaline. Seuls, Ca et 5 métaux (Co, Cr, Fe, Mn et Ni) sont analysés par ICP-OES.

Des échantillons de référence (MESS-3 et PACS-2) ont été attaqués selon le même protocole pour la validation des résultats de mesures.

Dosage du soufre

Le dosage du soufre est conduit par attaque totale des fractions pélitiques (Ø < 40 µm) des sédiments par attaque acide à haute température en conditions hyperbares. L'analyse de S est effectuée par ICP-OES.

Dosage des HCT

L'analyse des hydrocarbures totaux est effectuée sur le sédiment brut par la norme NF EN ISO 9377-2.

Ce dosage n'a pas pu être conduit en raison du manque de masse récoltée dans les godets des pièges à sédiments. .

ANNEXE – 2

Valeurs journalières des paramètres météorologiques (données Vale-NC) : précipitations, direction et vitesse du vent.

Date	Pluie (mm)	TN (°C)	TX (°C)	FXI (m/s)	DXI (°)
8-janv.	0	21,9	26,6	10,5	150
9-janv.	0	22,7	28,6	11,7	80
10-janv.	0	23,7	26,1	10,1	80
11-janv.	0	22,9	27,1	11	90
12-janv.	0	22,7	26,7	13,3	100
13-janv.	1,2	22,3	26,7	10,7	130
14-janv.	0	22,1	27,1	9	130
15-janv.	0	22,6	27,1	10,4	140
16-janv.	0,4	22,4	27	10,5	120
17-janv.	12,4	21,3	25,7	9,8	180
18-janv.	1,2	21	25,4	10,8	120
19-janv.	0	19,9	26,4	10,5	100
20-janv.	0	21,9	27,2	10,3	130
21-janv.	0	22,3	27	10,1	100
22-janv.	1,2	21,9	29,1	11,7	90
23-janv.	2,8	22,1	27	13,2	80
24-janv.	2,6	23,7	28,8	12,3	70
25-janv.	0	23,4	28,3	13,7	90
26-janv.	0,4	23,4	26,7	9,2	100
27-janv.	6	22,4	25,9	13,6	90
28-janv.	2,6	21,5	26,5	14,4	80
29-janv.	9,2	21,8	26,4	11,4	130
30-janv.	3,2	21,2	26,2	13,5	110
31-janv.	3,6	22,3	26,1	9,9	190
1-févr.	0	22,4	26,4	9,5	220
2-févr.	0	19,7	27,1	11,2	230
3-févr.	0	19,8	27,9	10,6	240
4-févr.	0,2	20,1	26,8	9,5	170
5-févr.	0,2	21,8	28,2	9,5	160
6-févr.	0	22,3	27,9	11,9	140
7-févr.	6,4	22,2	28,1	9,8	140
8-févr.	1,8	20,5	27,8	11,2	110
9-févr.	17,1	22,3	27,2	16,1	110
10-févr.	1,2	21,9	26,5	13,7	130
11-févr.	0	23	26,9	10,8	150
12-févr.	0	22,2	27,3	11,8	100
13-févr.	6,9	21,9	24,1	10,9	50

Date	Pluie (mm)	TN (°C)	TX (°C)	FXI (m/s)	DXI (°)
14-févr.	0,4	22,6	26,9	11,5	100
15-févr.	16,5	22,5	26,8	15,7	130
16-févr.	2	21,4	26	14,8	150
17-févr.	50,1	21,7	23,8	16,1	90
18-févr.	10,4	22	25	18,1	110
19-févr.	0,8	22,4	24,5	14,2	130
20-févr.	7,4	23	25,3	12,1	90
21-févr.	3,4	23,3	27,6	11,2	80
22-févr.	0	23,1	27,4	11,3	80
23-févr.	0	22,3	27,3	12,2	130
24-févr.	0,2	22,9	26,2	13,1	100
25-févr.	9,4	22,1	25,7	15,9	120
26-févr.	0	22	25,5	16,4	120

Valeurs horaires des paramètres météorologiques (données Station « Usine » de Vale) : direction et vitesse du vent (DXI et FXI).

Etant donné la grande quantité d'information enregistrée (1552 lignes), les valeurs ne figurent pas en annexe mais peuvent être obtenues sur simple demande à AEL.

ANNEXE – 3

Résultats d'analyses et mesures des MES du Canal de la Havannah et de la Baie Kwé : masses collectées, granulométries des populations de grains, compositions minéralogiques, teneurs en carbonates et observations microscopiques.

MES SEDIMENTEE

PERIODE DE COLLECTE	STATION	MASSE COLLECTEE (g)	STATION	MASSE COLLECTEE (g)	STATION	MASSE COLLECTEE (g)
09-12 janvier	KW1-1	3,457	NE60-1	1,977	SW60-1	1,871
13-16 janvier	KW1-2	5,506	NE60-2	1,364	SW60-2	1,538
17-20 janvier	KW1-3	2,996	NE60-3	0,055	SW60-3	0,110
21-24 janvier	KW1-4	3,213	NE60-4	0,040	SW60-4	0,115
25-28 janvier	KW1-5	10,845	NE60-5	0,071	SW60-5	0,111
29 janvier - 01 février	KW1-6	21,659	NE60-6	1,437	SW60-6	0,261
02-05 février	KW1-7	6,403	NE60-7	1,788	SW60-7	1,443
06-09 février	KW1-8	13,270	NE60-8	1,724	SW60-8	2,080
10-13 février	KW1-9	14,037	NE60-9	8,765	SW60-9	10,714
14-17 février	KW1-10	10,238	NE60-10	6,850	SW60-10	8,560
18-21 février	KW1-11	13,793	NE60-11	3,577	SW60-11	3,028
22-25 février	KW1-12	6,117	NE60-12	2,512	SW60-12	1,156

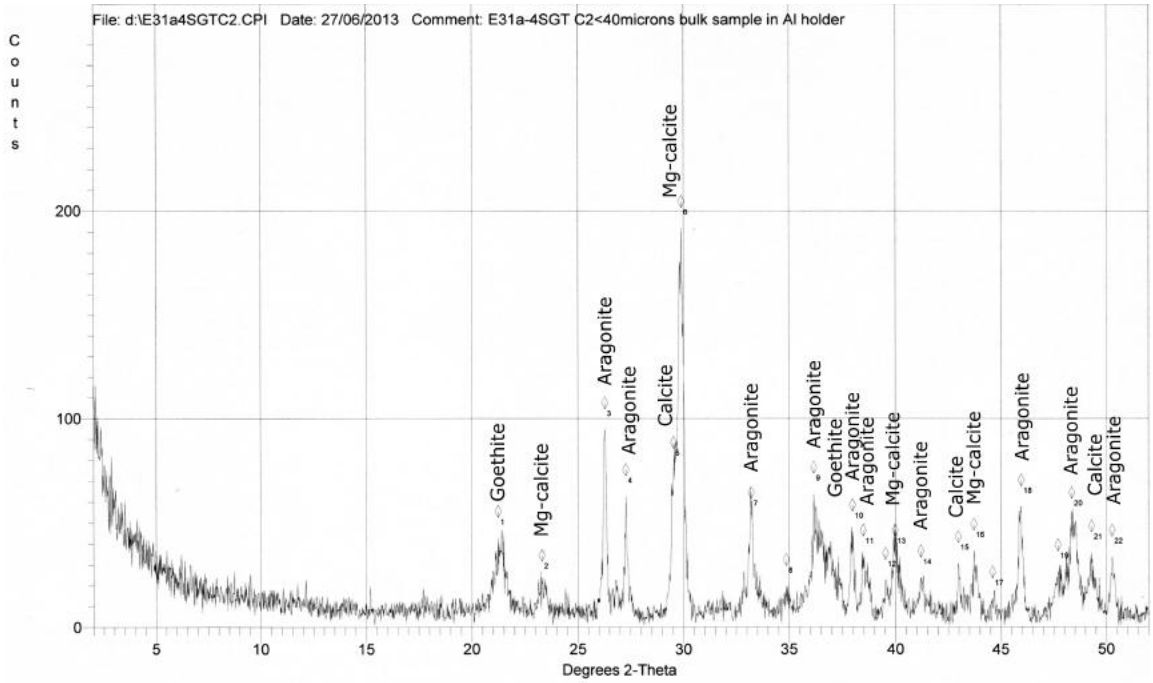
COMPOSITION GRANULOMETRIQUE

	POURCENTAGE VOLUMETRIQUE ENTRE LES CLASSES GRANULOMETRIQUES						
	0,02-2 µm	**2-20 µm**	**20-40 µm**	**40-50 µm**	**50-63 µm**	**63-200 µm**	**> 200 µm**
KW1-2	4,73	34,54	33,74	9,76	7,68	9,29	0,26
KW1-6	5,34	37,16	32,59	8,78	6,51	7,22	2,41
KW1-9	5,48	39,70	36,39	9,22	6,25	2,95	0,00
KW1-11	5,23	36,56	30,12	8,72	7,01	10,32	2,04
NE60-(1+2)	5,44	36,04	32,93	9,21	7,07	8,66	0,65
NE60-(7+8)	5,44	36,04	32,93	9,21	7,07	8,66	0,65
NE60-9	5,46	38,36	34,87	9,08	6,43	5,53	0,28
NE60-11	4,81	32,06	30,83	9,06	7,32	13,27	2,65
SW60-(1+2)	5,15	34,34	31,48	9,17	7,30	10,61	1,95
SW60-(7+8)	5,41	35,25	31,94	9,12	7,15	10,17	0,97
SW60-9	4,86	36,69	32,81	8,79	6,63	9,03	1,18
SW60-11	4,25	32,79	35,94	10,07	7,55	8,52	0,89

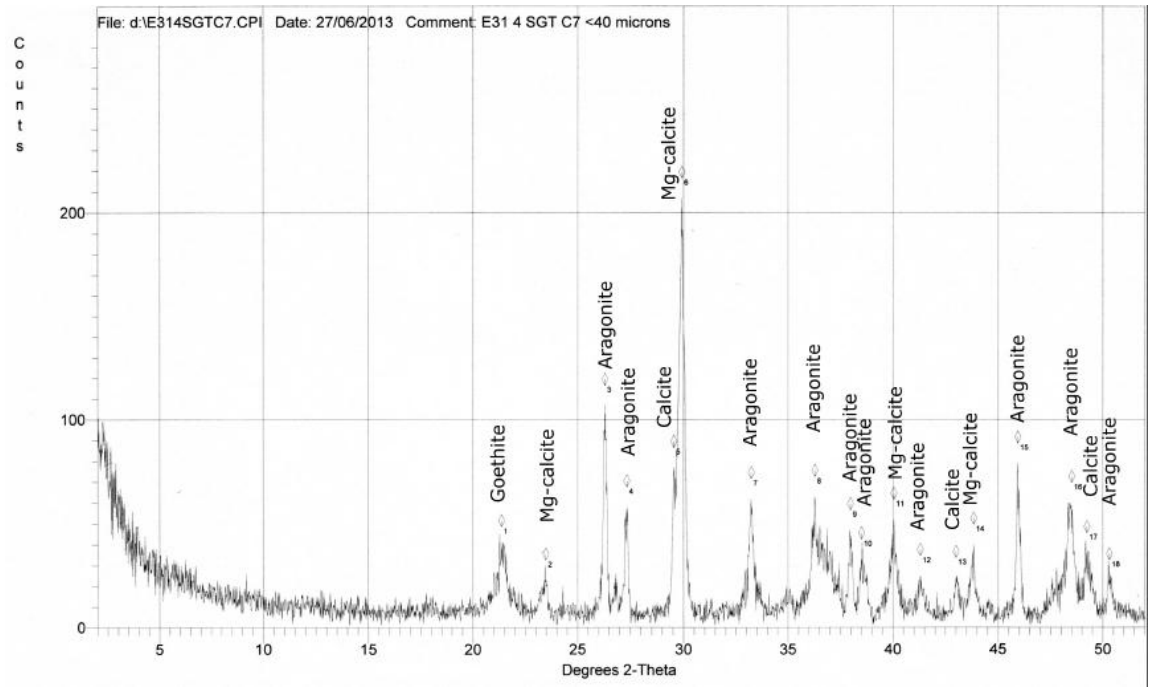
Nd = non déterminée par manque de matière

COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES DE LA BAIE KWE

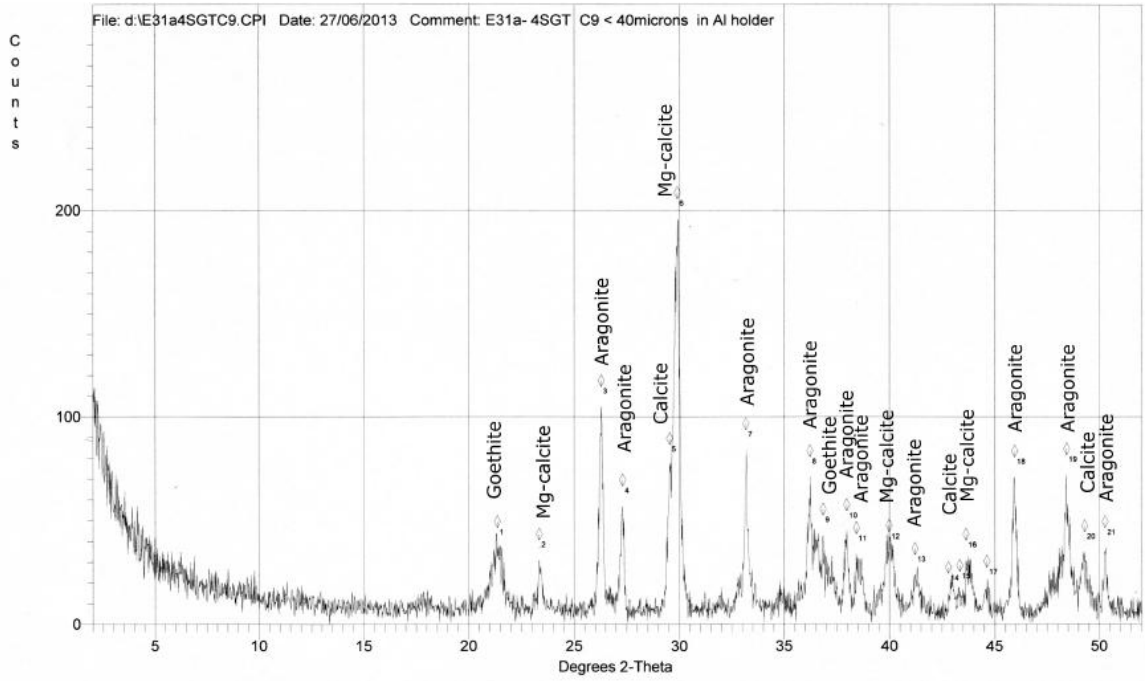
Station St06-KW1 ; godet 2



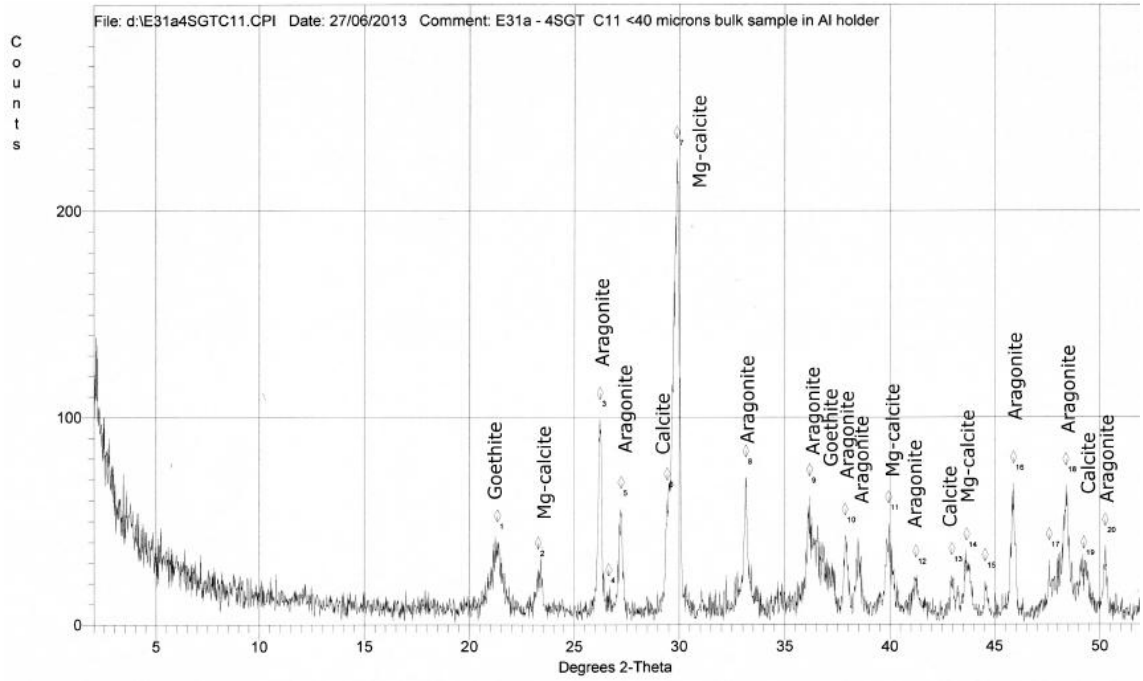
Station St06-KW1 ; godet 7



Station St06-KW1 ; godet 9

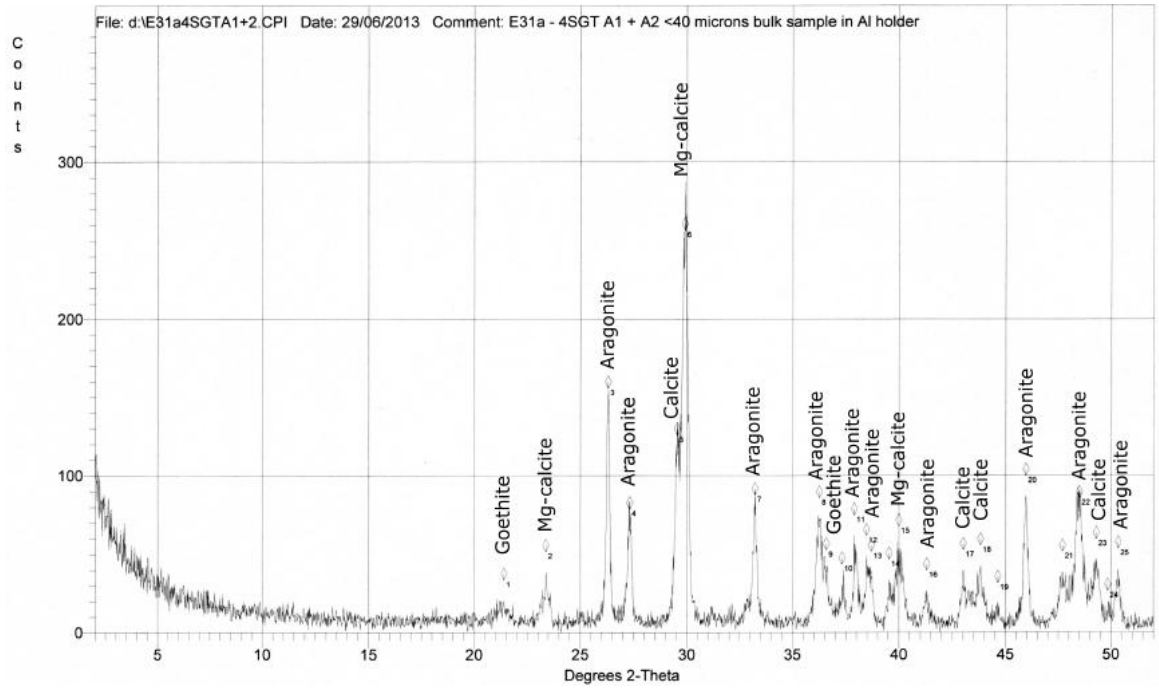


Station St06-KW1 ; godet 11

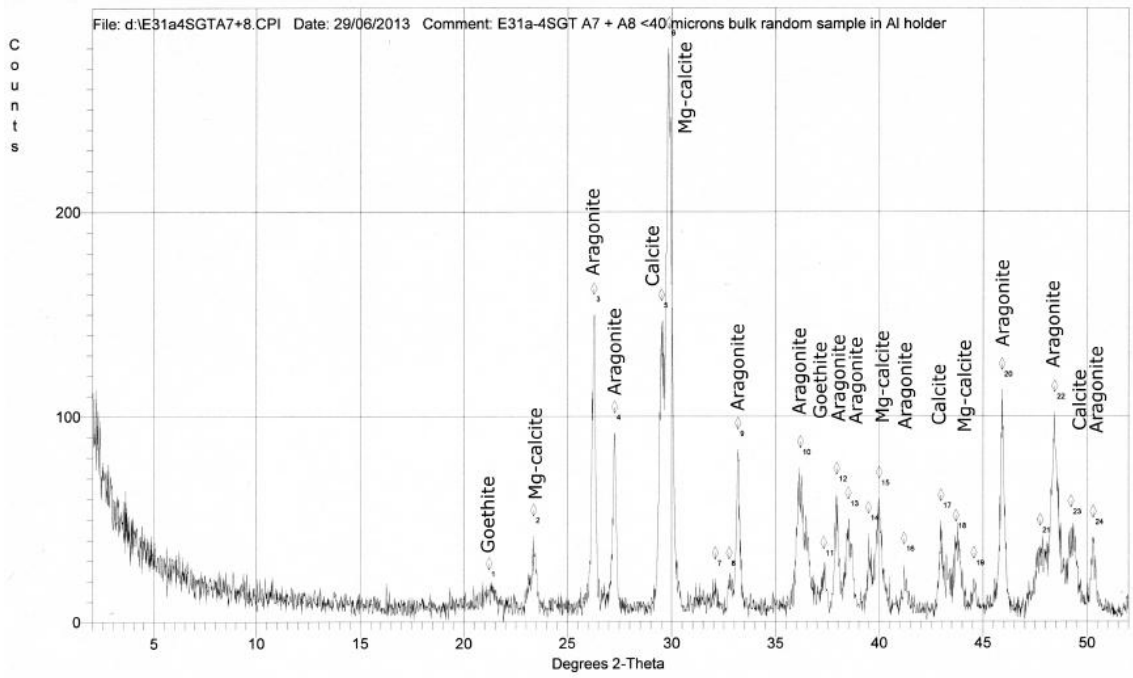


COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES DU CANAL DE LA HAVANNAH

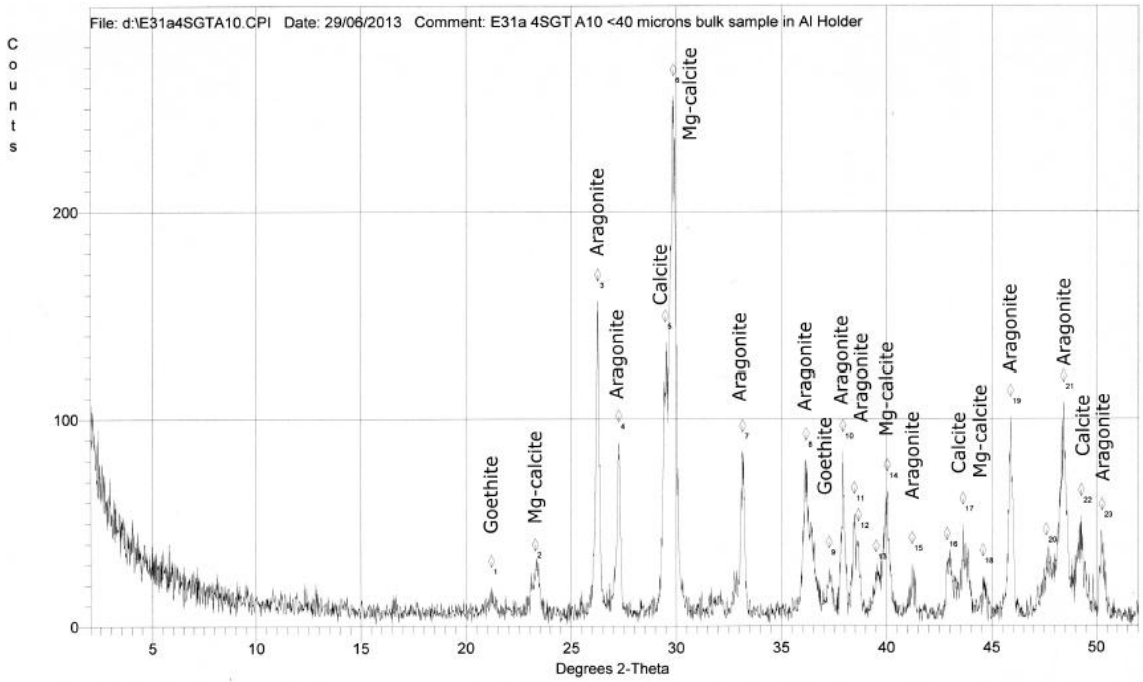
Station St60-NE ; godet 1+2



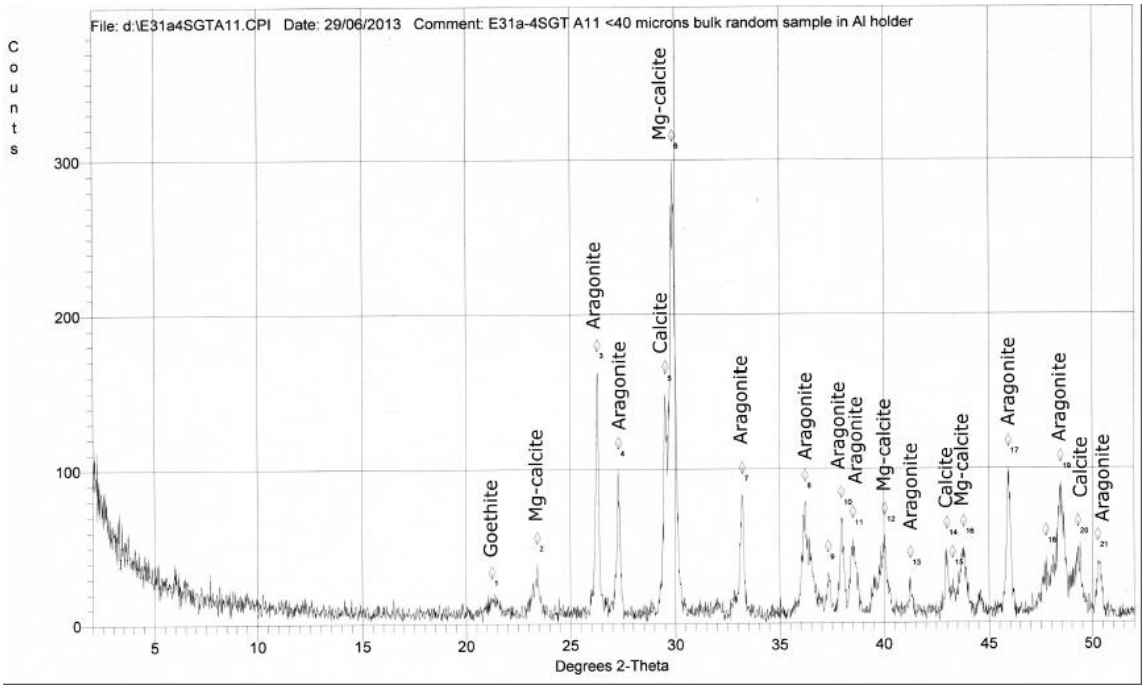
Station St60-NE ; godet 7+8



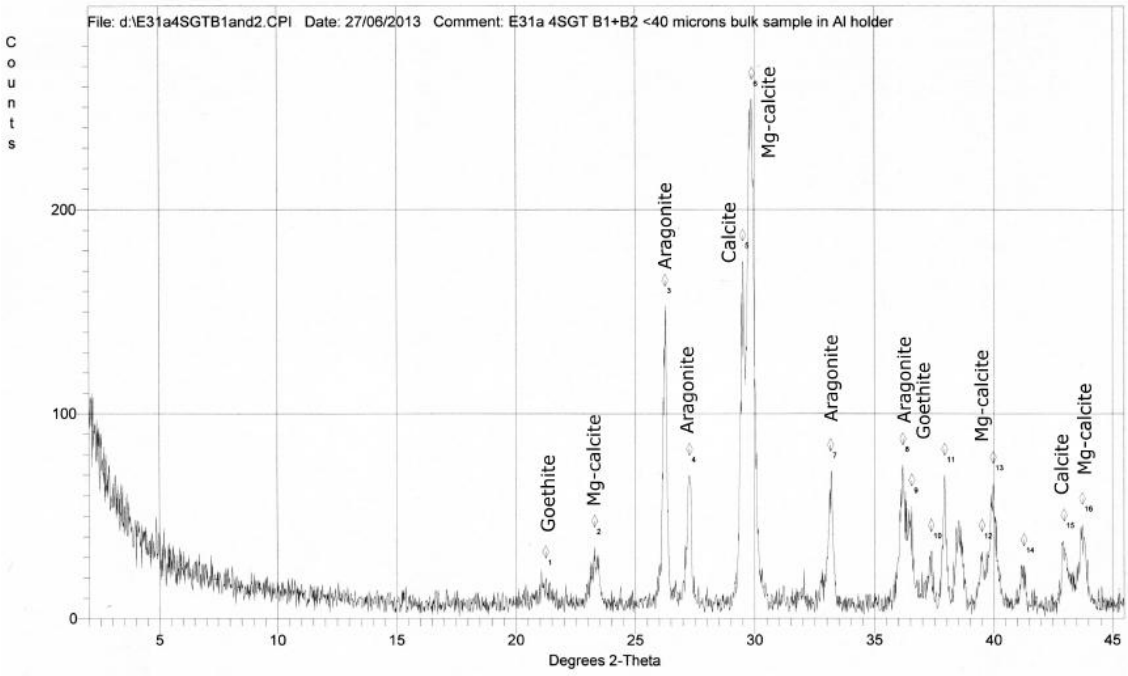
Station St60-NE ; godet 10



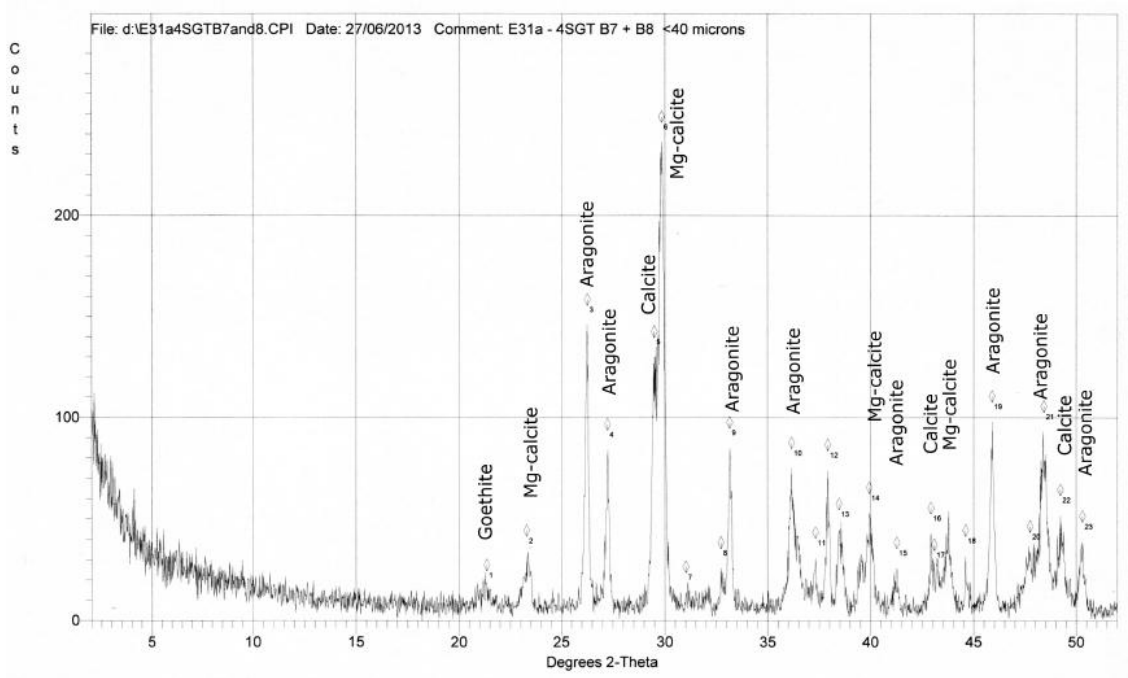
Station St60-NE ; godet 11



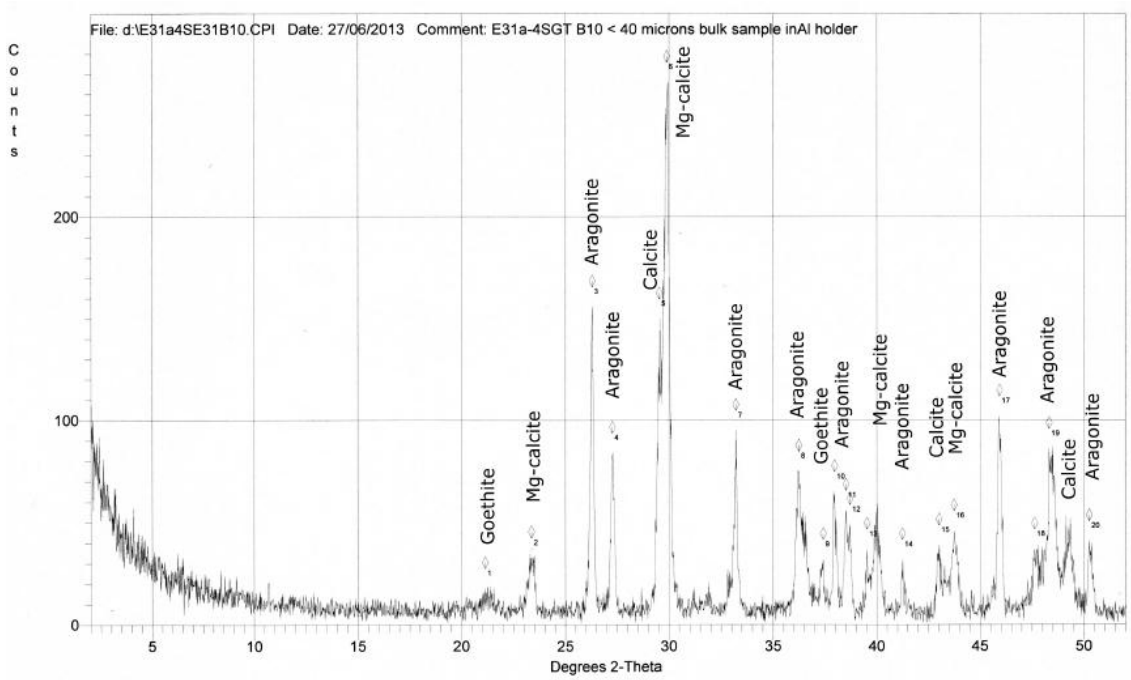
Station St60-SW ; godet 1+2



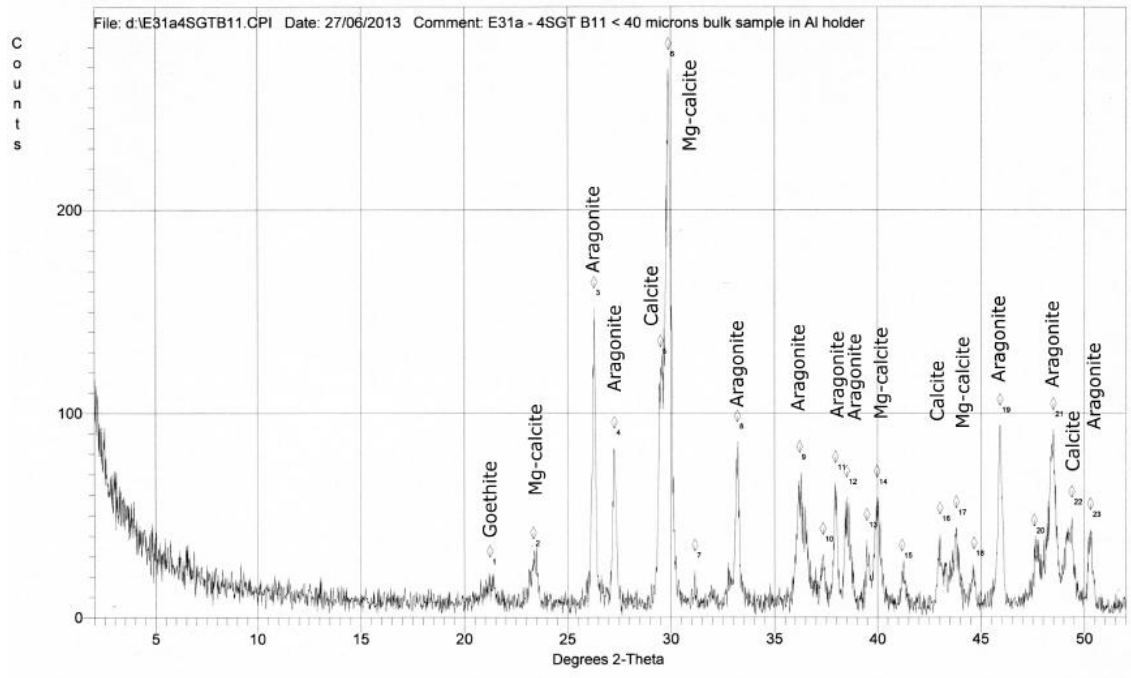
Station St60-SW ; godet 7+8



Station St60-SW ; godet 10



Station St60-SW ; godet 11



Remarque : Les trop faibles quantités de matière collectée en début de période (godet SW60-2) n'a pas permis de réaliser les analyses minéralogiques.

TENEURS EN CARBONATES

PERIODE DE COLLECTE	STATION	$CaCO_3$ (%)	STATION	$CaCO_3$ (%)	STATION	$CaCO_3$ (%)
09-12 janvier	KW1-1	62,7	NE60-1	77,1	SW60-1	77,0
13-16 janvier	KW1-2	58,4	NE60-2	77,0	SW60-2	76,9
17-20 janvier	KW1-3	58,3	NE60-3	nd	SW60-3	nd
21-24 janvier	KW1-4	58,2	NE60-4	nd	SW60-4	nd
25-28 janvier	KW1-5	62,8	NE60-5	nd	SW60-5	nd
29 janvier - 01 février	KW1-6	66,7	NE60-6	77,2	SW60-6	nd
02-05 février	KW1-7	60,4	NE60-7	77,2	SW60-7	77,2
06-09 février	KW1-8	66,7	NE60-8	75,1	SW60-8	77,0
10-13 février	KW1-9	70,8	NE60-9	77,1	SW60-9	77,0
14-17 février	KW1-10	81,2	NE60-10	79,2	SW60-10	77,2
18-21 février	KW1-11	76,9	NE60-11	77,1	SW60-11	76,9
22-25 février	KW1-12	79,2	NE60-12	77,2	SW60-12	62,6

nd = non déterminée en raison du manque de masse collectée

OBSERVATION AU MICROSCOPE OPTIQUE (GROSSISSEMENT X 11,5)



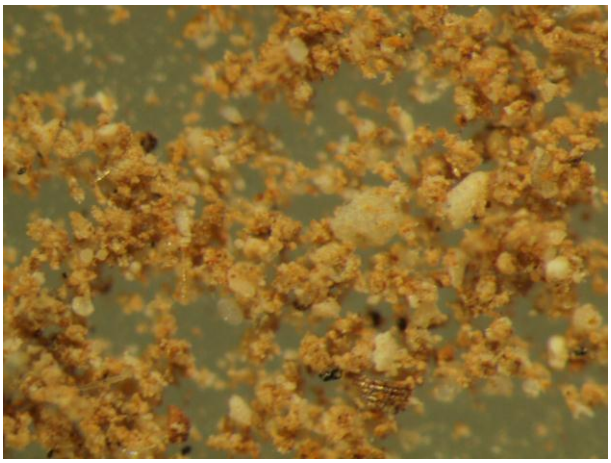
KW1-2



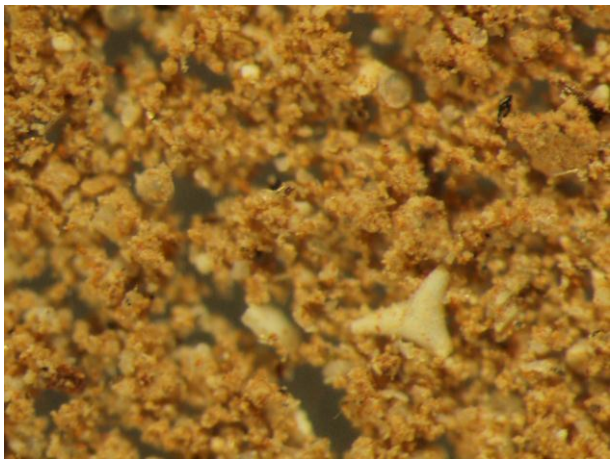
KW1-6

Matières en suspension collectée dans les godets KW1-2 et KW1-6 : Présence de nombreuses particules latéritiques de couleur brune, de débris végétaux terrestres arrachés aux bassins versants ainsi que de coraux et de tests de microorganismes marins plus ou moins fortement altérés.

La quantité de particules carbonatées est relativement importante malgré la proximité de l'embouchure de la Kwé.



NE-10



SW-10

Matières en suspension collectée dans les godets NE-10 et SW-10 : Présence de particules latéritiques en faible quantité et de très petite taille. Sédimentation de nombreux débris de tests de microorganismes marins imbriqués dans des substances organiques voire de micro-coquillages dans un état d'altération faible.

ANNEXE – 4

Résultats de calculs de concentrations en métaux totaux, calcium et soufre dans les MES de la Baie Kwé (KW1) et du Canal de la Havannah station (SW60).

PERIODE DE COLLECTE	ECHANTILLON	Ca (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
09-12 janvier	**KW1-1**	251364	109	3987	104412	878	1916
13-16 janvier	**KW1-2**	242403	124	4639	117702	1051	2081
17-20 janvier	**KW1-3**	209946	158	5493	146845	1303	2781
21-24 janvier	**KW1-4**	220054	162	5716	151085	1371	2845
25-28 janvier	**KW1-5**	219220	149	5081	142311	1424	2595
29 janvier - 01 février	**KW1-6**	232212	118	4419	116628	1075	2111
02-05 février	**KW1-7**	241343	117	4320	119647	1059	2197
06-09 février	**KW1-8**	243709	119	4692	117779	1073	2062
10-13 février	**KW1-9**	245103	110	4118	111570	1024	1962
14-17 février	**KW1-10**	257691	106	4207	108535	983	1993
18-21 février	**KW1-11**	240182	119	4225	118824	1100	2156
22-25 février	**KW1-12**	237795	127	4709	125393	1133	2402

PERIODE DE COLLECTE	ECHANTILLON	Ca (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
09-12 janvier	**NE60-1**	304691	26	923	30345	296	566
13-16 janvier	**NE60-2**	297003	22	928	27509	295	500
17-20 janvier	**NE60-3**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
21-24 janvier	**NE60-4**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
25-28 janvier	**NE60-5**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
29 janvier - 01 février	**NE60-6**	305454	19	791	24746	232	457
02-05 février	**NE60-7**	310470	21	849	26385	232	476
06-09 février	**NE60-8**	306979	19	813	25944	244	467
10-13 février	**NE60-9**	311021	22	763	23325	269	429
14-17 février	**NE60-10**	302521	21	790	25163	280	463
18-21 février	**NE60-11**	314410	18	804	24857	261	456
22-25 février	**NE60-12**	309677	24	843	26906	253	486

PERIODE DE COLLECTE	ECHANTILLON	Ca (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
09-12 janvier	**SW60-1**	302438	24	907	29318	241	541
13-16 janvier	**SW60-2**	312501	20	907	27372	232	487
17-20 janvier	**SW60-3**	276308	10	1009	29939	222	546
21-24 janvier	**SW60-4**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
25-28 janvier	**SW60-5**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
29 janvier - 01 février	**SW60-6**	302513	18	813	24545	203	435
02-05 février	**SW60-7**	307833	20	810	25685	235	466
06-09 février	**SW60-8**	301309	20	812	26598	247	482
10-13 février	**SW60-9**	307615	20	818	25459	268	458
14-17 février	**SW60-10**	312663	20	777	23819	280	438
18-21 février	**SW60-11**	298860	25	771	24621	307	470
22-25 février	**SW60-12**	304393	27	762	23910	301	475

nd = non déterminée en raison du manque de masse collectée

STATION	Soufre (mg/kg)	STATION	Soufre (mg/kg)
SW60-(1+2)	3250	NE60-(1+2)	3380
SW60-(7+8)	2787	NE60-(7+8)	2795
SW60-9	3610	NE60-9	3526
SW60-10	3049	NE60-10	3094
SW60-11	3046	NE60-11	2933
SW60-12	3050	NE60-12	2947

ANNEXE – 5

Résultats de calculs de densités de flux de matière particulaire (MES) et métaux pour la Baie Kwé (St06-KW1) et le Canal de la Havannah (St60-NE et St60-SW).

MES

PERIODE DE COLLECTE	STATION	Flux MES (g/m²/j)	STATION	Flux MES (g/m²/j)	STATION	Flux MES (g/m²/j)
09-12 janvier	KW1-1	17,3	NE60-1	9,9	SW60-1	9,4
13-16 janvier	KW1-2	27,5	NE60-2	6,8	SW60-2	7,7
17-20 janvier	KW1-3	15,0	NE60-3	0,3	SW60-3	0,6
21-24 janvier	KW1-4	16,1	NE60-4	0,2	SW60-4	0,6
25-28 janvier	KW1-5	54,2	NE60-5	0,4	SW60-5	0,6
29 janvier - 01 février	KW1-6	108,3	NE60-6	7,2	SW60-6	1,3
02-05 février	KW1-7	32,0	NE60-7	8,9	SW60-7	7,2
06-09 février	KW1-8	66,4	NE60-8	8,6	SW60-8	10,4
10-13 février	KW1-9	70,2	NE60-9	43,8	SW60-9	53,6
14-17 février	KW1-10	51,2	NE60-10	34,3	SW60-10	42,8
18-21 février	KW1-11	69,0	NE60-11	17,9	SW60-11	15,1
22-25 février	KW1-12	30,6	NE60-12	12,6	SW60-12	5,8

Métaux particulaires

PERIODE DE COLLECTE St06-KW1	Ca (mg/m²/j)	Co (mg/m²/j)	Cr (mg/m²/j)	Fe (mg/m²/j)	Mn (mg/m²/j)	Ni (mg/m²/j)
09-12 janvier	4345	1,89	69	1805	15,2	33,1
13-16 janvier	6673	3,41	128	3240	28,9	57,3
17-20 janvier	3145	2,37	82	2200	19,5	41,7
21-24 janvier	3535	2,60	92	2427	22,0	45,7
25-28 janvier	11887	8,10	276	7717	77,2	140,7
29 janvier - 01 février	25147	12,76	479	12630	116,4	228,6
02-05 février	7727	3,75	138	3831	33,9	70,3
06-09 février	16170	7,87	311	7815	71,2	136,8
10-13 février	17203	7,74	289	7831	71,9	137,7
14-17 février	13191	5,41	215	5556	50,3	102,0
18-21 février	16564	8,21	291	8195	75,9	148,7
22-25 février	7273	3,87	144	3835	34,7	73,5

PERIODE DE COLLECTE ST60-NE	Ca (mg/m²/j)	Co (mg/m²/j)	Cr (mg/m²/j)	Fe (mg/m²/j)	Mn (mg/m²/j)	Ni (mg/m²/j)
09-12 janvier	3012	0,26	9,12	300	2,9	5,6
13-16 janvier	2026	0,15	6,33	188	2,0	3,4
17-20 janvier	nd	nd	nd	nd	nd	nd
21-24 janvier	nd	nd	nd	nd	nd	nd
25-28 janvier	nd	nd	nd	nd	nd	nd
29 janvier - 01 février	2195	0,14	5,69	178	1,7	3,3
02-05 février	2776	0,19	7,59	236	2,1	4,3
06-09 février	2646	0,17	7,01	224	2,1	4,0
10-13 février	13631	0,97	33,43	1022	11,8	18,8
14-17 février	10361	0,71	27,05	862	9,6	15,9
18-21 février	5623	0,32	14,39	445	4,7	8,2
22-25 février	3890	0,30	10,58	338	3,2	6,1

PERIODE DE COLLECTE ST60-SW	Ca (mg/m²/j)	Co (mg/m²/j)	Cr (mg/m²/j)	Fe (mg/m²/j)	Mn (mg/m²/j)	Ni (mg/m²/j)
09-12 janvier	2829	0,22	8,49	274	2,3	5,1
13-16 janvier	2403	0,15	6,97	210	1,8	3,7
17-20 janvier	152	0,01	0,55	16	0,1	0,3
21-24 janvier	nd	nd	nd	nd	nd	nd
25-28 janvier	nd	nd	nd	nd	nd	nd
29 janvier - 01 février	395	0,02	1,06	32	0,3	0,6
02-05 février	2221	0,15	5,85	185	1,7	3,4
06-09 février	3134	0,21	8,45	277	2,6	5,0
10-13 février	16479	1,05	43,82	1364	14,3	24,6
14-17 février	13382	0,83	33,25	1019	12,0	18,8
18-21 février	4525	0,38	11,67	373	4,6	7,1
22-25 février	1759	0,15	4,40	138	1,7	2,7

nd = non déterminée en raison du manque de masse collectée

SUIVI DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DE MER DE LA ZONE SUD DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE

1er semestre 2013







AEL - LEA

21 août 2013

Photos de couverture AEL : Ilot Ugo, bouteille Niskin et Prony Wharf.

CONTRAT DE CONSULTANCE

AEL - LEA

Convention n° T1368

Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie

1er semestre 2013

Le Grand H.
Kaplan H.
Haddad L.
Goyaud A.
Moreton B.
Kumar-Roiné S.
Fernandez JM.

Nombre de pages : 80

	N/Ref	V/Ref
Identification	121205-VI-18	T1368
Titre complet	Suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie	
Auteurs	Le Grand H., Kaplan H., Haddad L., Goyaud A., Moreton B., Kumar-Roiné S., Fernandez JM	
Résumé	Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE 2007, Vale-NC a mis en place le programme de suivi pour un certain nombre de paramètres qui caractérisent la colonne d'eau depuis 2008. Ce rapport présente les résultats des campagnes de prélèvement du **1er semestre 2013** (mars 2013) et du **2ième trimestre 2013** (mai 2013) effectuées dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC. Le programme de surveillance semestriel du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC (Canal de la Havannah, Baie du Prony et Canal Woodin). Le programme de surveillance trimestriel du milieu marin est réalisé sur deux stations localisées dans la Baie du Prony. Les fluctuations des paramètres physico-chimiques mettent en évidence l'impact des apports terrigènes des creeks de la Baie du Prony, de la Baie Kwé et de Port Boisé. D'autres paramètres tels que les concentrations des éléments majeurs, de l'arsenic, de l'azote organique dissous sont relativement homogènes dans l'ensemble de la zone d'étude. Globalement les concentrations des paramètres étudiés ne montrent pas de tendance particulière entre les différentes campagnes de mars (Campagnes « saison humide »). Cependant, les concentrations de nitrates+nitrites, silicates et chrome hexavalent mesurées dans les eaux de surface de la station St06 sont les plus élevées mesurées à cette station depuis 2007.	

APPROBATION

FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Hélène Le Grand		15/08/13
Vérificateur	Shilpa Kumar-Roiné		20/08/13
Approbateur	Jean Michel Fernandez		21/08/13

EVOLUTION

VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR	DATE
V1	Rapport final (1er semestre 2013)	21/08/13

COPIE - DIFFUSION

NOM	ORGANISME
Céline Casalis	VALE NC, Département Environnement

I. TABLE DES MATIERES

II. INTRODUCTION 7
III. OBJECTIFS 8
IV. METHODOLOGIE 9
1) Site d'étude et conditions météorologiques 9
2) Echantillonnage 13
V. RESULTATS 14
A. Eléments majeurs et pH 14
B. Dosage des carbonates (St16) 15
C. Matières en suspension 15
1. Campagne semestrielle : Mars 2013 16
2. Campagne semestrielle : Mars 2013 17
D. Structures des masses d'eau 18
1. Campagne semestrielle : Mars 2013 18
2. Campagne trimestrielle : Mai 2013 24
E. Analyse des sels nutritifs 25
1. Nitrates et nitrites 25
2. Ammonium 26
3. Phosphates 27
4. Silicates 28
F. Matière organique 30
1. Azote et phosphore organiques dissous 30
2. Azote, carbone et phosphore organiques particulaires 31
G. Pigments chlorophylliens 34
Métaux dissous dans la colonne d'eau 37
1. Campagne semestrielle : Mars 2013 37
2. Campagne trimestrielle : Mai 2013 42
H. Hydrocarbures totaux (St15 et St16) 46
VI. Synthèse 47
A. Distribution verticale des concentrations d'ammonium et de nitrates et nitrites aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15 48
B. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15 50
VII. CONCLUSION 53
VIII. Références 54
IX. LISTE DES FIGURES 56
X. LISTE DES TABLEAUX 59
XI. ANNEXES 60

II. INTRODUCTION

Le suivi est une exigence de l'arrêté ICPE 2007[1], complété par la Convention pour la Conservation de la Biodiversité (CCB 2009). La définition de « l'Etat de référence » de la qualité physico-chimique et géochimique des eaux marines a été réalisée entre 2005 et 2007 sur 18 stations (Conventions IRD-Goro-Ni n°1142 de 2005 et n°1312 de 2007).

Dans le but de se conformer aux arrêtés ICPE, Vale-NC a mis en place le programme de suivi pour un certain nombre de paramètres qui caractérisent la colonne d'eau depuis 2008. Ce suivi s'exerce, sans interruption, jusqu'à nos jours sur un total optimisé à 14 stations (13 ICPE + 1 Vale-NC).

L'objectif consiste à suivre l'évolution de la qualité des eaux de mer. A cet effet, il est effectué des mesures et des prélèvements d'eau de mer, afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques (température, salinité, turbidité et fluorescence) et géochimiques (sels nutritifs, métaux dissous, etc.).

L'analyse des séries temporelles permet de suivre l'évolution de tout impact sur les masses d'eau dans la zone d'influence potentielle du projet Vale-NC.

Ce rapport présente les résultats des campagnes de prélèvement du **1er semestre 2013** (mars 2013) et du **2ième trimestre 2013** (mai 2013) effectuées dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC.

[1] Arrêté ICPE : installations portuaires du 13 juillet 2007

III. OBJECTIFS

Le programme de surveillance semestriel du milieu marin est réalisé sur un total révisé de 14 stations réparties dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC :

- 4 dans la Baie du Prony ;
- 5 dans le système du Canal de la Havannah ;
- 1 dans la Baie de Port Boisé ;
- 1 dans la Baie Kwé ;
- 1 au niveau du Port de Goro ;
- 1 dans le Canal Woodin ;
- 1 au nord-est de l'Ile Ouen.

Ce suivi consiste en une campagne complète de prélèvements d'eau afin de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques, les concentrations de métaux dissous ainsi que les concentrations de sels nutritifs et de matière organique dissoute et particulaire.

Le programme de surveillance trimestriel du milieu marin est réalisé sur deux stations localisées dans la Baie du Prony : la station « Prony Creek Baie Nord » (St15) et la station « Prony Wharf » (St16). Ce suivi consiste à déterminer les principaux paramètres physico-chimiques et les concentrations de certains métaux dissous au niveau de ces deux stations.

Les techniques de prélèvement, de conditionnement, de traitement et d'analyses sont spécifiques et reconnues pour l'analyse en milieu marin et saumâtre.

IV. METHODOLOGIE

1) Site d'étude et conditions météorologiques

Les opérations de terrain ont été réalisées à bord du Slavko (Casy Express) au cours de la campagne semestrielle du 26 au 28 mars 2013 sur les 14 stations du suivi physico-chimique et lors de la campagne trimestrielle du 14 mai 2013 sur les stations St15 et St16 de la Baie du Prony (Figure 1 ; Tableau 1).

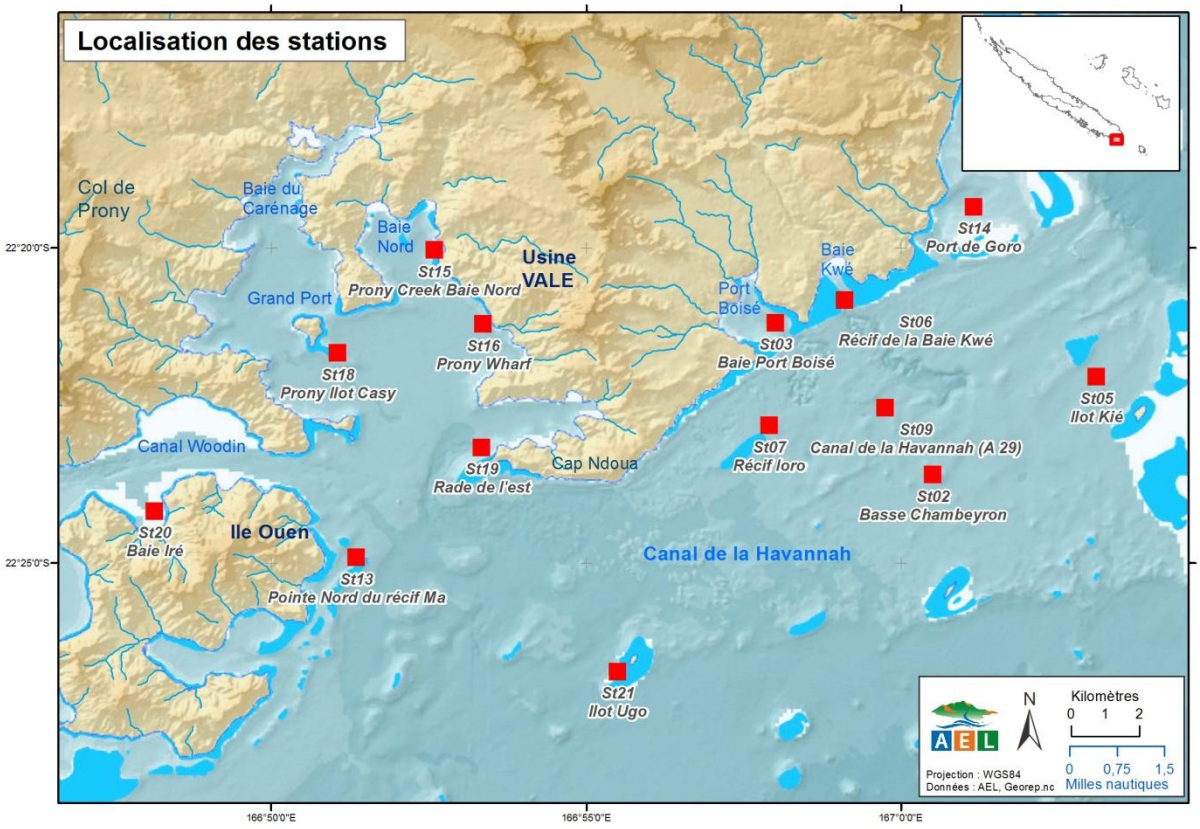


Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.

Tableau 1 : Liste et location des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie.

	STATION AU REFERENTIEL WGS-84			
Localisation	**Station**	**Longitude E**	**Latitude S**	**Profondeur (m)**
Basse Chambeyron	St02	167° 00,506	22° 23,599	33
Baie Port Boisé	St03	166° 58,010	22° 21,190	29
Ilot Kié	St05	167° 03,100	22° 22,050	34
Récif de la Baie Kwé	St06	166° 59,112	22° 20,830	20
Récif loro	St07	166° 57,910	22° 22,820	41
Canal de la Havannah	St09	166° 59,754	22° 22,540	47
Pointe Nord du récif Ma	St13	166° 51,354	22° 24,914	35
Port de Goro	St14	167° 01,160	22° 19,350	37
Prony Creek Baie Nord	St15	166° 52,590	22° 20,037	25
Prony Wharf	St16	166° 53,365	22° 21,210	44
Prony Ilot Casy	St18	166° 51,061	22° 21,668	26
Rade de l'est	St19	166° 53,340	22° 23,170	38
Baie Iré	St20	166° 48,150	22° 24,180	25
Ilot Ugo	St21	166°55,501	22°26,728	36

Les conditions météorologiques et hydrodynamiques ont une influence sur les paramètres physico-chimiques des eaux. Afin de restituer chaque prélèvement dans ce contexte, les principales données météorologiques ont été relevées (Prony pilot station) (Figure 2 ; Figure 3) et les heures d'arrivée aux stations ont été reportées sur 2 marégrammes (Figure 4 et Figure 5).

CONDITIONS METEOROLOGIQUES PRECEDANT LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE (20-25 mars 2013) :

- 33 mm de pluie ont été relevés pendant les 5 jours précédant la campagne ;
- Vent maximal relevé à 30 Nds (23/03/13).

CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT LA CAMPAGNE SEMESTRIELLE :

- 26/03/13 : Vent 15 Nds, E, beau temps avec quelques nuages ;
- 27/03/13 : Vent 15 Nds E puis SE à 12h, temps nuageux avec quelques averses ;
- 28/03/13 : Vent 15 Nds, S-SE, beau temps avec quelques nuages.
- 41,6 mm de pluie ont été relevés pendant la campagne, dont 36,6 mm le 28/03/13.

CONDITIONS METEOROLOGIQUES PRECEDANT LA CAMPAGNE TRIMESTRIELLE (9-13 mai 2013) :

- 14,4 mm de pluie ont été relevés pendant les 5 jours précédant la campagne ;
- Vent maximal relevé à 28 Nds (11/05/13).

CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT LA CAMPAGNE TRIMESTRIELLE (14 mai 2013) :

- 14/05/13 : Vent <5Nds, beau temps, mer calme ;
- Pas de pluie.

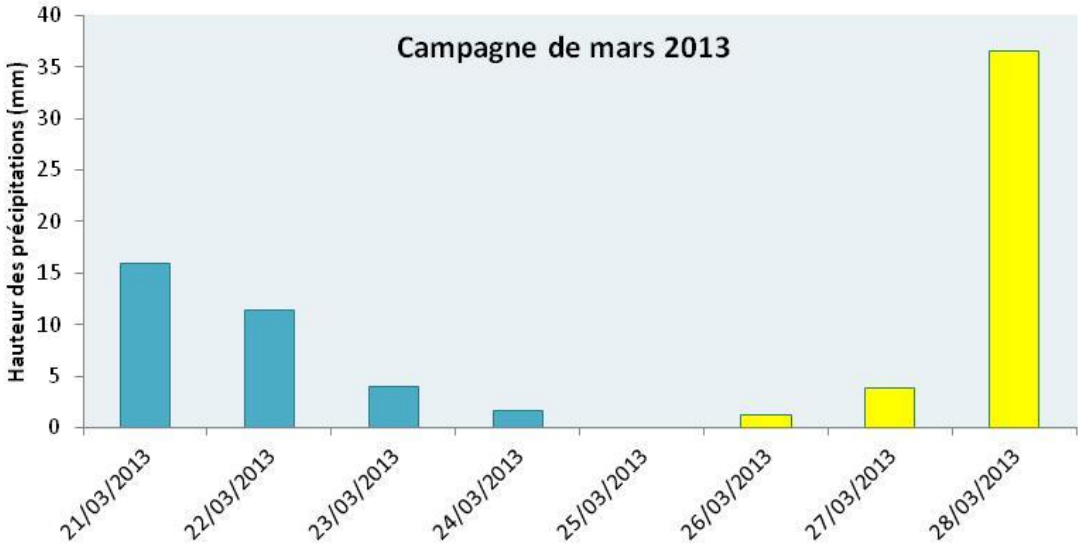


Figure 2 : Hauteur des précipitations enregistrée 5 jours précédant la campagne (bleu) et pendant la campagne de prélèvement semestrielle (jaune) de mars 2013.

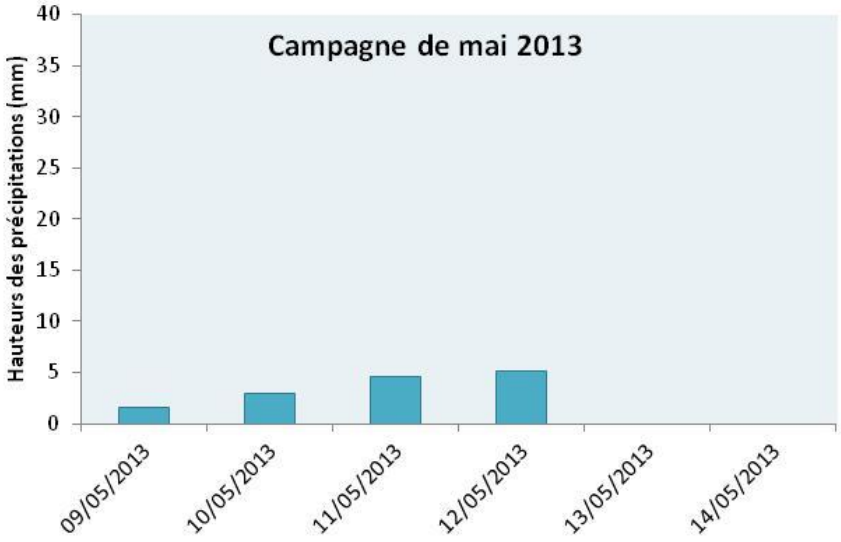


Figure 3 : Hauteur des précipitations enregistrée 5 jours précédant la campagne (bleu) et pendant la campagne de prélèvement semestrielle de mai 2013 (14/05/13).

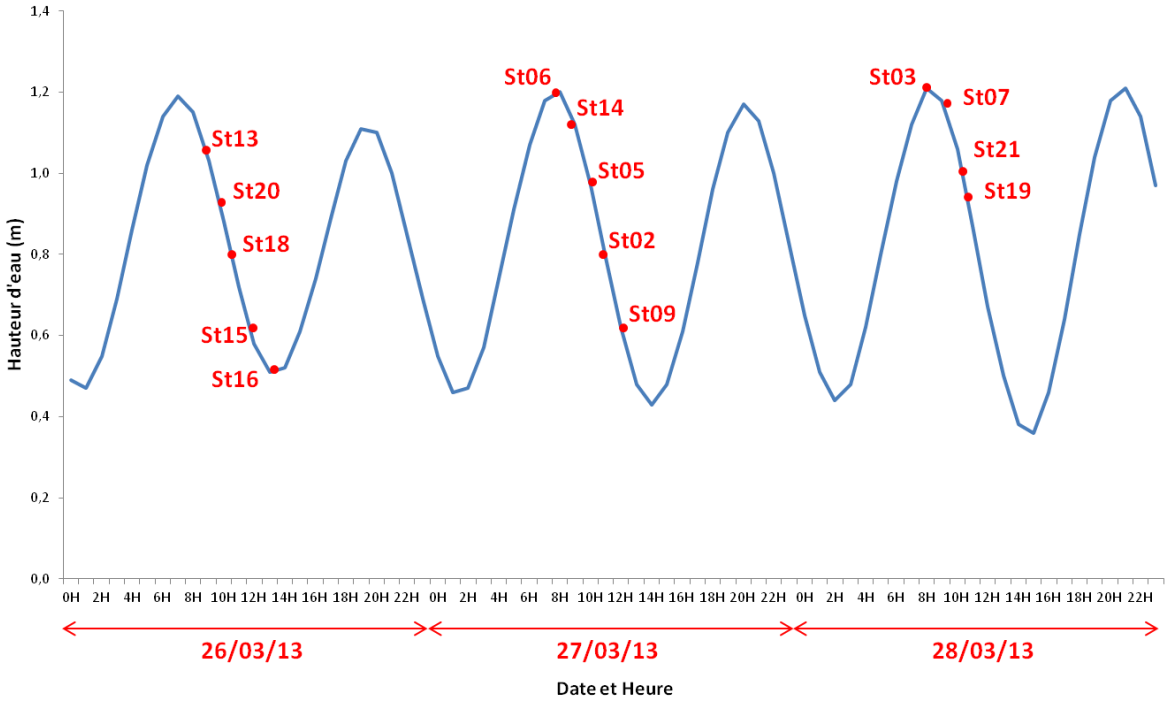


Figure 4 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne semestrielle de mars 2013.

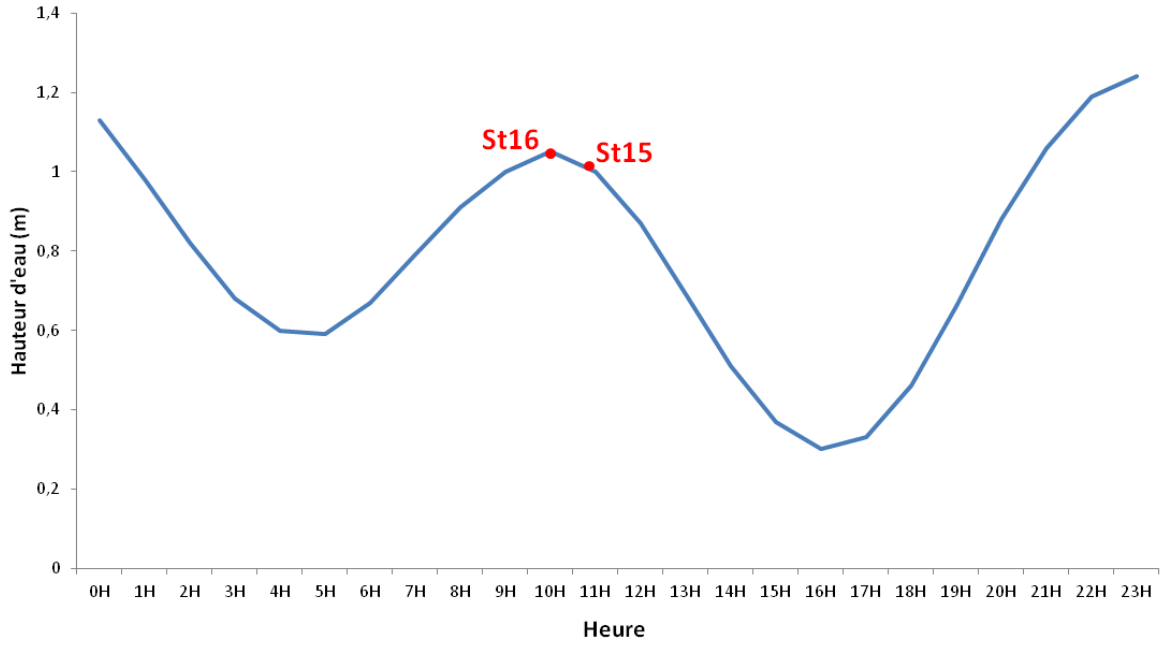


Figure 5 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne trimestrielle de mai 2013.

2) Echantillonnage

Pour chaque station, les prélèvements d'eau ont été effectués par bouteilles « Niskin® » pour le dosage des ions majeurs, des sels nutritifs et de la matière organique dissoute et particulaire et par bouteilles « GoFlo®, Metal-Free » pour le dosage des métaux dissous. L'eau a été échantillonnée aux profondeurs suivantes :

- sub-surface (-3 m) ;
- mi-profondeur ;
- proximité du fond (environ 3 m du fond ou +3 m).

Lors de la campagne de prélèvement semestrielle, les opérations suivantes ont été réalisées :

- enregistrement de profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, SBE 19) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- prélèvements d'eau pour la détermination du pH, des MES (Matière en Suspension) et des concentrations en ions sulfates (SO_4^{2-}), calcium (Ca^{2+}), sodium (Na^{+}), potassium (K^{+}), magnésium (Mg^{2+}), chlorures (Cl^{-}) et carbonates (St16 uniquement) ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des sels nutritifs dissous (nitrates+nitrites, ammonium, phosphates, silicates), de la charge organique dissoute et particulaire (azote et phosphore organiques dissous, azote, phosphore et carbone organiques particulaires) et des pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéopigments) ;
- prélèvement d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux (St15 et St16, uniquement) ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous par :
    - spectrométrie d'émission optique couplée à une torche à plasma (ICP-OES) pour le dosage des éléments métalliques cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni) et zinc (Zn) ;
    - spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma (ICP-MS) pour le dosage des éléments métalliques arsenic (As), cadmium (Cd) et plomb (Pb) ;
    - électrochimie (Voltammétrie) pour le dosage du chrome hexavalent (Cr(VI)) et du chrome total (Cr total).

Lors de la campagne de prélèvement trimestrielle, les opérations suivantes ont été réalisées :

- enregistrement de profils multiparamétriques avec la sonde CTD (Seabird, SBE 19) afin de déterminer la salinité, la température, la turbidité et la fluorescence dans la colonne d'eau ;
- prélèvements d'eau pour la détermination du pH, des MES et des concentrations en ions SO_4^{2-}, Mg^{2+} et carbonates (St16 uniquement) ;
- prélèvement d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux ;
- prélèvements d'eau pour l'analyse des métaux dissous par :
    - spectrométrie d'émission optique couplée à une torche à plasma (ICP-OES) pour le dosage des éléments métalliques Co, Cu, Mn, Ni et Zn ;
    - spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma (ICP-MS) pour le dosage de l'As ;
    - électrochimie (Voltammétrie) pour le dosage du Cr(VI) et Cr total.

La méthodologie détaillée des différentes analyses est décrite en Annexe 1.

V. RESULTATS

A. Eléments majeurs et pH

Les valeurs de pH et les concentrations des éléments majeurs sont regroupées dans le Tableau 2 et en Annexe 2 pour la campagne semestrielle de mars 2013 et dans le Tableau 3 pour la campagne trimestrielle de mai 2013.

Les concentrations des éléments majeurs mesurées lors de la campagne semestrielle sont plutôt homogènes dans la zone du lagon sud de Nouvelle-Calédonie. Aucune différence n'est observée entre les concentrations mesurées dans le Canal de la Havannah (zone d'influence océanique) et dans la Baie du Prony (zone d'influence terrigène) (Tableau 2). Dans l'ensemble de la zone d'étude, les concentrations des ions chlorures sont légèrement plus faibles que celles mesurées lors des précédentes campagnes mais restent néanmoins dans le même ordre de grandeur (Convention AEL-LEA/Vale-NC N°C2445). Les valeurs de pH sont relativement homogènes au sein de la zone d'étude.

Les concentrations de magnésium et de sulfates mesurées dans la Baie du Prony (St15 et St16) sont homogènes dans la colonne d'eau et ne diffèrent pas entre les campagnes de mars et mai 2013. Seules les concentrations de sulfates mesurées en surface et fond à la station St15 en mai 2013 sont légèrement plus élevées que les autres valeurs (Tableau 3). Les valeurs de pH sont relativement similaires entre les deux stations et les deux campagnes de 2013.

Les valeurs de pH et les concentrations des ions majeurs mesurées lors des campagnes de mars et mai 2013 sont conformes aux valeurs attendues et relativement similaires d'une campagne à l'autre (Convention AEL-LEA/Vale-NC N°2445).

Tableau 2 : Valeurs du pH et concentrations des éléments majeurs dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		pH	Ca^{2+} (mg/L)	K^{+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
Domaine entier	Min	8,17	464	351	1358	13595	13143	1305
	Max	8,27	535	448	1716	15538	19365	2524
	Moy	8,24 ± 0,02	516 ± 13	404 ± 15	1548 ± 58	14912 ± 343	17800 ± 1187	2166 ± 244
Canal de la Havannah	Min	8,19	464	351	1358	13595	13143	1305
	Max	8,27	535	448	1716	15538	19162	2440
	Moy	8,25 ± 0,02	512 ± 17	401 ± 21	1533 ± 80	15065 ± 461	17425 ± 1804	2138 ± 343
Baie du Prony	Min	8,21	498	384	1479	14339	17258	1896
	Max	8,25	528	424	1620	15114	18109	2264
	Moy	8,23 ± 0,01	519 ± 9	406 ± 11	1562 ± 39	14789 ± 226	17686 ± 326	2085 ± 102

Tableau 3 : Valeurs du pH et concentrations des ions magnésium et sulfates aux stations St15 et St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013) et trimestrielle (mai 2013).

	pH		Mg^{2+} (mg/L)		SO_4^{2-} (mg/L)	
Echantillon	**Mars 2013**	**Mai 2013**	**Mars 2013**	**Mai 2013**	**Mars 2013**	**Mai 2013**
St15-S	8,23	8,21	1479	1452	2264	3016
St15-M	8,22	8,23	1594	1547	2205	2333
St15-F	8,21	8,24	1583	1517	2077	2995
St16-S	8,23	8,23	1577	1499	2122	2515
St16-M	8,24	8,25	1620	1587	2087	2388
St16-F	8,24	8,23	1572	1597	1896	2322

B. Dosage des carbonates (St16)

Les résultats d'analyse des carbonates mesurés à la station St16 lors des campagnes de mars et mai 2013 sont regroupés dans le Tableau 4. Les valeurs de carbonates sont traduites par les valeurs d'alcalinité totale exprimées en meq/L.

Les concentrations de carbonates mesurées aux 3 niveaux de prélèvement lors de la campagne de mars 2013 sont quasiment similaires. Lors de la campagne de mai 2013, la concentration mesurée en mi-profondeur est légèrement plus élevée que celles mesurées en surface et fond. La moyenne des concentrations de carbonates, toutes profondeurs confondues, mesurées lors de ces deux campagnes s'élèvent à 2,58 ± 0,13 meq/L. Celle-ci est plus élevée que les concentrations moyennes mesurées lors des 4 campagnes trimestrielles de 2011 (2,29 ± 0,07 meq/L) et 2012 (2,26 ± 0,08 meq/L) (Convention AEL/Vale-NC N°C2445).

Tableau 4 : Concentrations des carbonates à la station St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013) et trimestrielle (mai 2013).

Campagne	Niveau	Carbonates (meq/L)
Mars 2013	St16-S	2,51
	St16-M	2,57
	St16-F	2,53
Mai 2013	St16-S	2,59
	St16-M	2,83
	St16-F	2,47

C. Matières en suspension

Rappel : *La mesure des matières en suspension (MES) est importante dans les milieux côtiers et estuariens car elle reflète à la fois l'importance des apports continentaux et la remise en suspension de sédiments sous l'influence des conditions météorologiques (vent, pluie…). Les MES influencent également la production primaire : une charge particulaire élevée peut en effet modifier l'importance de la couche euphotique (Aminot et Kérouel 2004). En milieux côtier et estuarien, ces valeurs peuvent varier de 0,5 à 5 mg/L (Aminot et Kérouel 2004).*

1. Campagne semestrielle : Mars 2013

Les valeurs de matières en suspension (MES) obtenues lors de la campagne semestrielle de mars 2013 sont illustrées dans la Figure 6 et regroupées dans le Tableau 5 et en Annexe 2.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, la répartition des concentrations de MES est assez hétérogène avec des valeurs comprises entre 0,35 et 6,59 mg/L. Celles-ci ne montrent pas de distribution particulière avec la profondeur. Les concentrations de MES mesurées dans le Canal de la Havannah (0,78 ± 0,28 mg/L) sont moins dispersées que celles mesurées dans la Baie du Prony (1,37 ± 1,72 mg/L) (Tableau 5). En effet, la concentration de MES déterminée en profondeur à la station St19 est particulièrement élevée comparée aux autres concentrations (6,59 mg/L) (Figure 6). Celle-ci a probablement été causée par une remise en suspension du sédiment.

Les concentrations de MES sont globalement plus élevées que celles mesurées lors de la campagne semestrielle de mars 2012 (0,46 ± 0,13 mg/L). La charge particulaire était donc plus élevée lors de la campagne semestrielle de 2013 (1,10 ± 1,08 mg/L) que lors de la précédente campagne. Cette différence ne semble pas reliée au régime pluviale car les précipitations mesurées 5 jours avant les deux campagnes de 2012 (34,1 mm) et 2013 (33,0 mm) sont quasiment similaires (Convention AEL/Vale-NC N°C2445). Un autre facteur, tel que le vent responsable de remise en suspension, pourrait influencer ces variations de MES.

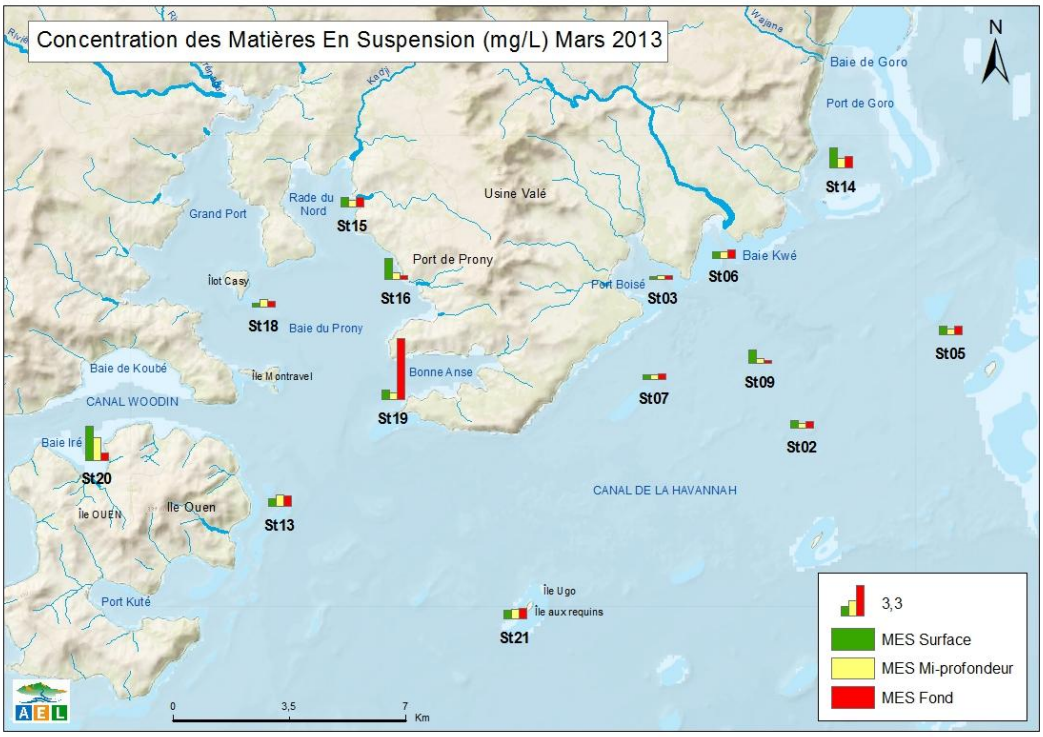


Figure 6 : Concentration des MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (mars 2013).

Tableau 5 : Concentrations de MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type).

		MES (mg/L)
Domaine entier	Minimum	0,35
	Maximum	6,59
	Moyenne	1,10 ± 1,08
Canal de la Havannah	Minimum	0,35
	Maximum	1,43
	Moyenne	0,78 ± 0,28
Baie du Prony	Minimum	0,39
	Maximum	6,59
	Moyenne	1,37 ± 1,72

2. Campagne semestrielle : Mars 2013

Les valeurs de MES déterminées aux stations St15 et St16 de la Baie du Prony lors de la campagne trimestrielle de mai 2013 sont illustrées dans la Figure 7.

La répartition des concentrations de MES entre les 3 niveaux de prélèvement diffère entre les campagnes et entre les 2 stations échantillonnées. A la station St15, les concentrations ne diffèrent que très légèrement entre les 3 niveaux de prélèvement en mars 2013 alors que celles-ci augmentent avec la profondeur en mai 2013(Figure 7). La concentration de profondeur (2,04 mg/L) est presque 4 fois plus élevée que celle de surface (0,55 mg/L). A l'inverse, la concentration de MES mesurée en surface à la station St16 (2,31 mg/L) en mars 2013 est 5 fois plus élevée que celle de profondeur (0,45 mg/L). En mai 2013, les concentrations de MES de cette même station ne varient pas entre les niveaux de prélèvement (Figure 7).

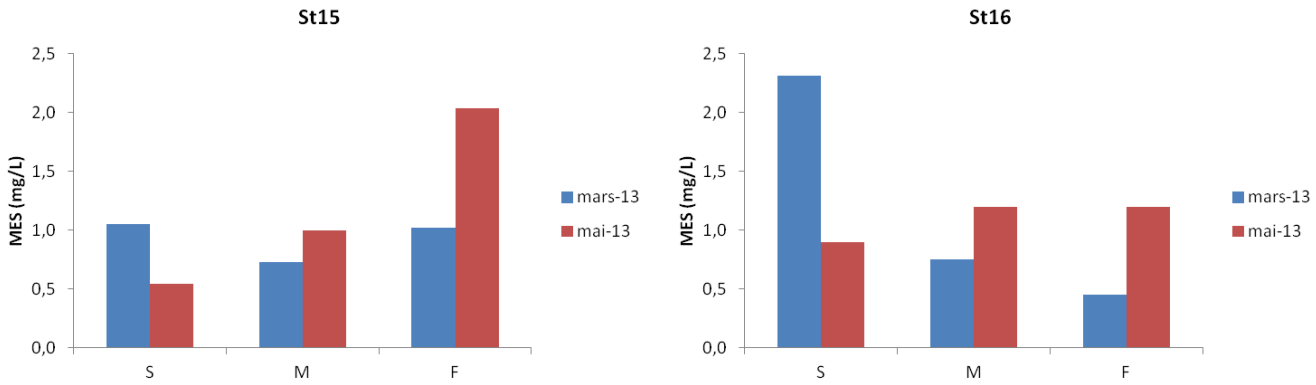


Figure 7 : Concentrations de MES déterminées aux stations St15 et St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013 ; bleu) et trimestrielle (mai 2013 ; rouge).

D. Structures des masses d'eau

Rappel : *Les mesures de température, salinité, fluorescence et turbidité sont nécessaires pour déterminer la stratification verticale des masses d'eau. En milieux côtier et estuarien, la salinité est un traceur des apports d'eaux douces. La turbidité est définie comme étant la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes » (Aminot et Kérouel 2004) ; elle est le reflet de la charge particulaire dans l'eau. En milieux côtier et estuarien, la turbidité peut indiquer l'existence d'apports en particules provenant des rivières, d'une remise en suspension de dépôts sédimentaires ainsi que de blooms planctoniques. La fluorescence permet d'estimer la concentration en pigment chlorophylliens et donc de quantifier globalement la biomasse phytoplanctonique (Aminot et Kérouel 2004).*

1. Campagne semestrielle : Mars 2013

Les valeurs des variables température, fluorescence, turbidité et salinité mesurées lors de la campagne semestrielle sont répertoriées dans le Tableau 6 et les Figure 8, Figure 9, Figure 10 et Figure 11.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les valeurs des variables physico-chimiques sont relativement similaires à celles observées lors de la campagne de mars 2012 (Convention AEL/Vale-NC N°C2445). La Baie du Prony influencée par les apports terrigènes des creeks présente une turbidité moyenne plus élevée que celles mesurées dans le Canal de la Havannah, zone influencée par les apports océaniques (Tableau 6). Dans cette même zone, sont également mesurées les salinités minimales de la zone d'étude (Tableau 6). Dans ces deux zones, les moyennes de température et de fluorescence sont relativement identiques (Tableau 6).

Tableau 6 : Valeurs de la température, fluorescence, turbidité et salinité enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type).

		Température (°C)	Fluorescence (mg/m^3)	Turbidité (NTU)	Salinité (‰)
Domaine entier	Minimum	24,92	0,08	0,24	33,74
	Maximum	26,38	1,12	2,33	35,37
	Moyenne	25,77 ± 0,26	0,40 ± 0,07	0,59 ± 0,17	35,18 ± 0,18
Canal de la Havannah	Minimum	25,58	0,16	0,27	35,23
	Maximum	26,16	0,53	0,80	35,30
	Moyenne	25,89 ± 0,15	0,34 ± 0,03	0,49 ± 0,14	35,27 ± 0,02
Baie du Prony	Minimum	24,92	0,08	0,24	33,74
	Maximum	26,18	1,12	2,33	35,37
	Moyenne	25,60 ± 0,16	0,39 ± 0,07	0,58 ± 0,13	35,07 ± 0,30

a) Température

Les stations localisées dans le Canal de la Havannah présentent des profils de température relativement homogènes ; les températures moyennes mesurées à ces stations diffèrent de quelques dixièmes de degrés entre elles. Les températures les plus faibles ont été enregistrées à l'Ilot Ugo (St21 ; 25,67 ± 0,03 °C). Cette station a été échantillonnée en début de marée descendante et est probablement influencée par les apports d'eaux douces provenant des creeks de la Baie du Prony. Dans cette zone, le profil de température enregistré au milieu du Canal de la Havannah (St09) diffère des 4 autres profils (St02, St05, St07 et St21) car celui-ci présente des températures diminuant avec la profondeur passant de 26,16 à 25,93 °C.

Les stations localisées autour de l'ile Ouen présentent des profils différents. En effet, dans la Baie d'Iré (St20) la température est très homogène au sein de la colonne d'eau (25,53 ± 0,01 °C). Au niveau de la pointe nord du récif Ma (St13), le profil met en évidence deux masses d'eau bien individualisées ; une masse d'eau de surface dont les températures sont plus élevées que celles de profondeur. La température diminue progressivement de la surface (25,55 °C) jusqu'à 20 m (25,41 °C). Une thermocline est observée entre 20 et 22 m puis la température continue sa diminution progressive de 22 m jusqu'au fond (25,17 °C).

Les profils enregistrés aux stations influencées par les apports d'eaux douces de Port Boisé (St03), de la Baie Kwé (St06) et des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, St18, St19) présentent des profils de température hétérogènes dans la colonne d'eau. Une masse d'eau de surface plus chaude est observée dans la Baie du Prony ; celle-ci est particulièrement mise en évidence à l'embouchure des creeks (St15) avec une perte de 0,5 °C entre 0 et 10 m. Une même couche est observée au niveau de l'ilot Casy (St18) et de la Rade de l'est (St19) mais la perte de température dans les 10 premiers mètres est moindre : 0,2 et 0,1 °C pour St18 et St19, respectivement. A Prony Wharf (St16), le profil de température diffère. En effet, la plus grosse perte de température est observée en profondeur à partir de 39 m où celle-ci passe de 25,33 à 24,95 °C.

A l'inverse de la Baie du Prony, les baies de Port Boisé (St03) et Kwé (St06) présentent une fine couche d'eau plus fraiche en surface dont la température augmente dans les 5 premiers mètres; celle-ci passe de 25,69 et 25,56 °C à 26,13 et 26,10 °C, respectivement. Le profil de Port Boisé présente des températures variant entre 25,67 et 26,12 °C de 5 à 15 m puis diminuant progressivement avec la profondeur à partir de 15 m pour atteindre 25,80 °C en profondeur. Le profil de la Baie Kwé présente une couche de température stable et plus élevée entre 5 et 15 m (~26,10 °C) que celle observée entre 20 et 30 m (25,92 °C). Au niveau du Port de Goro (St14), la température diminue progressivement avec la profondeur passant de 26,32 à 26,13 °C. Une fine couche légèrement plus chaude que le reste de la colonne d'eau est néanmoins mesurée entre 3 et 6 m (26,38 °C).

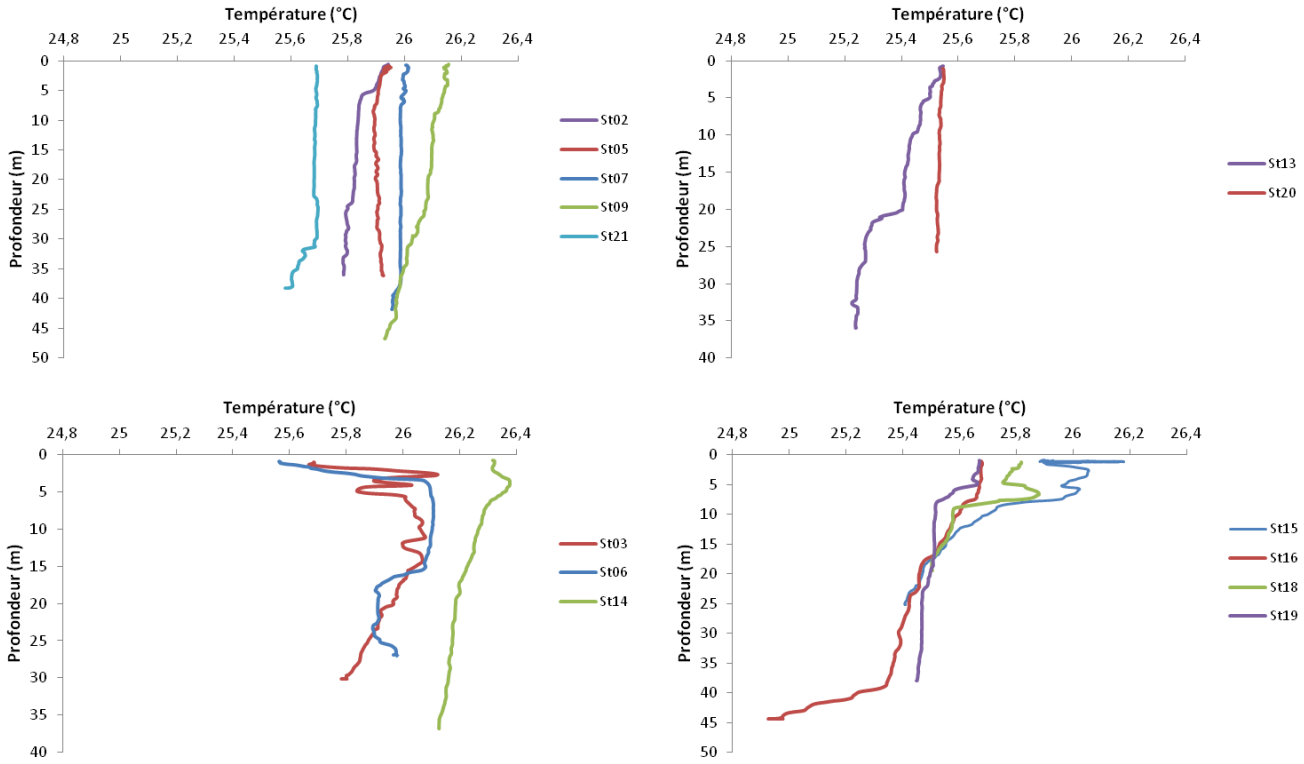


Figure 8 : Profils de température des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

b) Fluorescence

La fluorescence mesurée dans le Canal de la Havannah augmente légèrement avec la profondeur ; celle-ci est comprise entre 0,16 et 0,53 mg/m^3 avec une moyenne de 0,34 ± 0,03 mg/m^3. Dans cette zone, l'augmentation la plus importante a été mesurée à Basse Chambeyron (St02) où les valeurs passent de 0,17 à 0,52 mg/m^3.

La fluorescence enregistrée aux deux stations proches de l'ile Ouen augmente également avec la profondeur. A l'exception d'une très fine couche de surface dont la fluorescence diminue brutalement de 0,58 à 0,10 mg/m^3 à 1 m, la fluorescence de la Baie d'Iré (St20) augmente progressivement de 0,10 à 0,56 mg/m^3 jusqu'au fond. Au niveau de la Pointe Nord du Récif Ma (St13), la fluorescence augmente également progressivement de 0,31 à 0,60 mg/m^3 puis stagne à partir de 15 m jusqu'au fond.

Les plus fortes augmentations de fluorescence avec la profondeur ont été observées dans la Baie du Prony. Les valeurs maximales de fluorescence ont été mesurées en profondeur aux stations St15 (0,93 mg/m^3) et St16 (1,12 mg/m^3). La station de l'ilot Casy (St18) montre également une forte augmentation de fluorescence avec la profondeur ; celle-ci passant de 0,10 à 0,60 mg/m^3. La station de la Rade de l'est (St19), étant la plus éloignée de l'embouchure des creeks de la Baie du Prony, ne présente pas d'augmentation de fluorescence aussi prononcée qu'aux stations St15, St16 et St18. La fluorescence augmente de la surface (0,15 mg/m^3) à 25 m (0,50 mg/m^3) puis stagne avec la profondeur.

Bien qu'étant également influencées par les creeks de Port Boisé et de la Baie Kwé, les stations St03 et St06 ne subissent pas d'aussi fortes fluctuations que celles de la Baie du Prony. Au niveau de Port Boisé (St03), la fluorescence augmente légèrement avec la profondeur atteignant deux pics d'environ 0,60 mg/m^3 à 10 m et 16 m. Dans la Baie Kwé (St06), la fluorescence augmente en surface (~5 m) et en profondeur (de 25 m jusqu'au fond). Entre 5 et 20 m, celle-ci stagne à ~0,42 mg/m^3. La fluorescence observée au Port de Goro (St14) présente une augmentation progressive de 0,24 à 0,56 mg/m^3 jusqu'à 15 m puis une diminution progressive à partir de 15 m jusqu'au fond (0,33 mg/m^3).

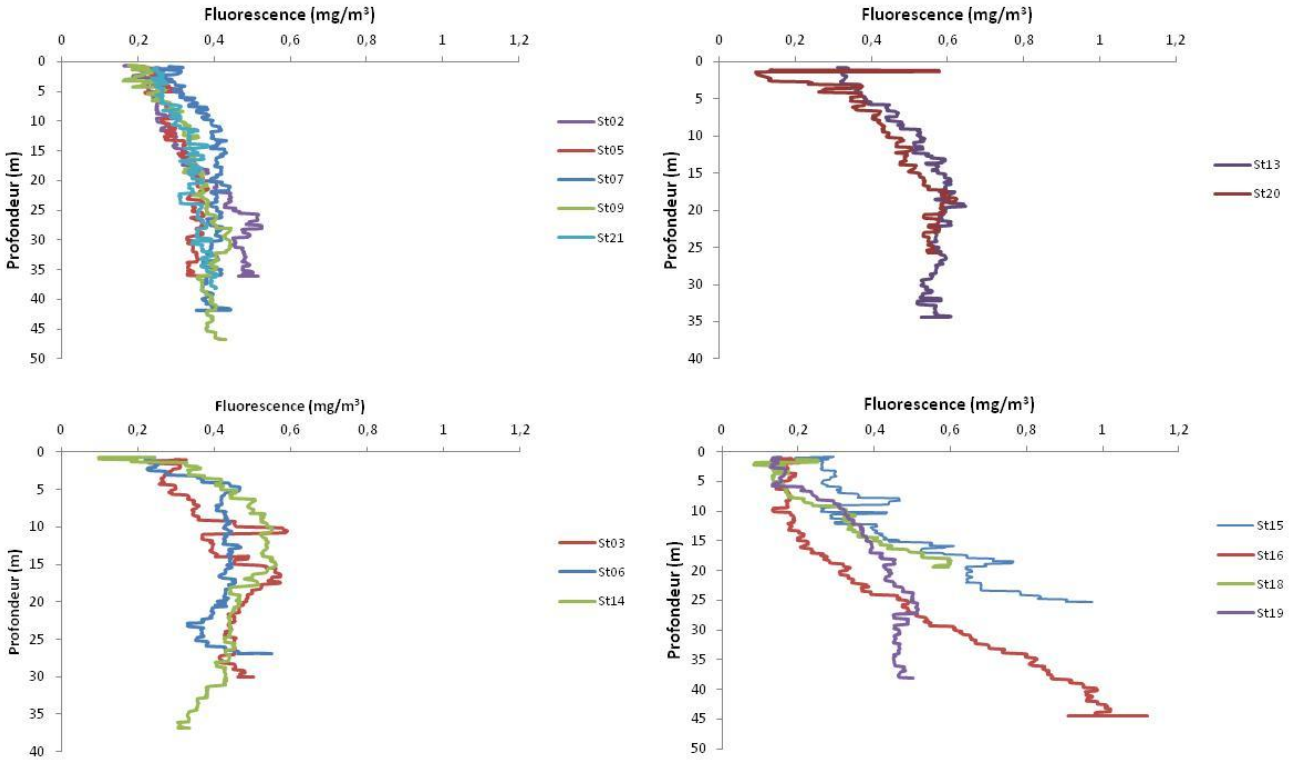


Figure 9 : Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

c) Turbidité

Les stations du Canal de la Havannah présentent des profils de turbidité relativement stables au sein de la colonne d'eau. Les turbidités moyennes des stations du Récif Ioro (St07 : 0,64 ± 0,06 NTU) et de l'Ilot Ugo (St21 : 0,63 ± 0,05 NTU) sont les plus élevées de cette zone ; la plus faible ayant été mesurée à la station St09 (0,31 ± 0,03 NTU).

La turbidité mesurée à la Pointe Nord du Récif Ma (St13) augmente légèrement avec la profondeur passant de 0,52 à 1,05 NTU. En Baie d'Iré (St20), la turbidité est relativement stable dans la colonne d'eau et présente une augmentation à seulement 25 m de fond.

Dans la Baie de Port Boisé (St03), la turbidité est plutôt variable au sein de la colonne d'eau avec un pic obtenu entre 16 et 17 m (0,71 NTU) et une augmentation jusqu'à 0,79 NTU à l'approche du fond. Cette même augmentation est observée à la station « Port de Goro » (St14) où la turbidité est relativement stable au sein de la colonne d'eau passant de 0,52 à 0,87 NTU à partir de 35 m. Dans la Baie Kwé (St06), la turbidité ne varie pas jusqu'à 17 m puis augmente fortement jusqu'au fond passant de 0,71 à 1,95 NTU en 10 m.

Comme observé pour la fluorescence, les profils enregistrés dans la Baie du Prony mettent également en évidence de fortes variations de turbidité dans cette zone. Pour les 4 stations de la Baie, une augmentation de la turbidité est observée à l'approche du fond ; celle-ci étant plus ou moins prononcée. Les stations les plus proches de l'embouchure des creeks (St15 et St16) montrent une très forte augmentation de turbidité. En effet, celle-ci passe, respectivement, de 0,46 (23 m) à 2,33 (25 m) NTU et de 0,39 (31 m) à 1,84 (44 m) NTU pour les stations St15 et St16. Aux stations de l'ilot Casy (St18) et de la Rade de l'est (St19), cette augmentation est visible mais nettement moins forte. Seule la station St15 présente une turbidité plus élevée en surface avec des valeurs atteignant ~1,20 NTU dans les premiers mètres.

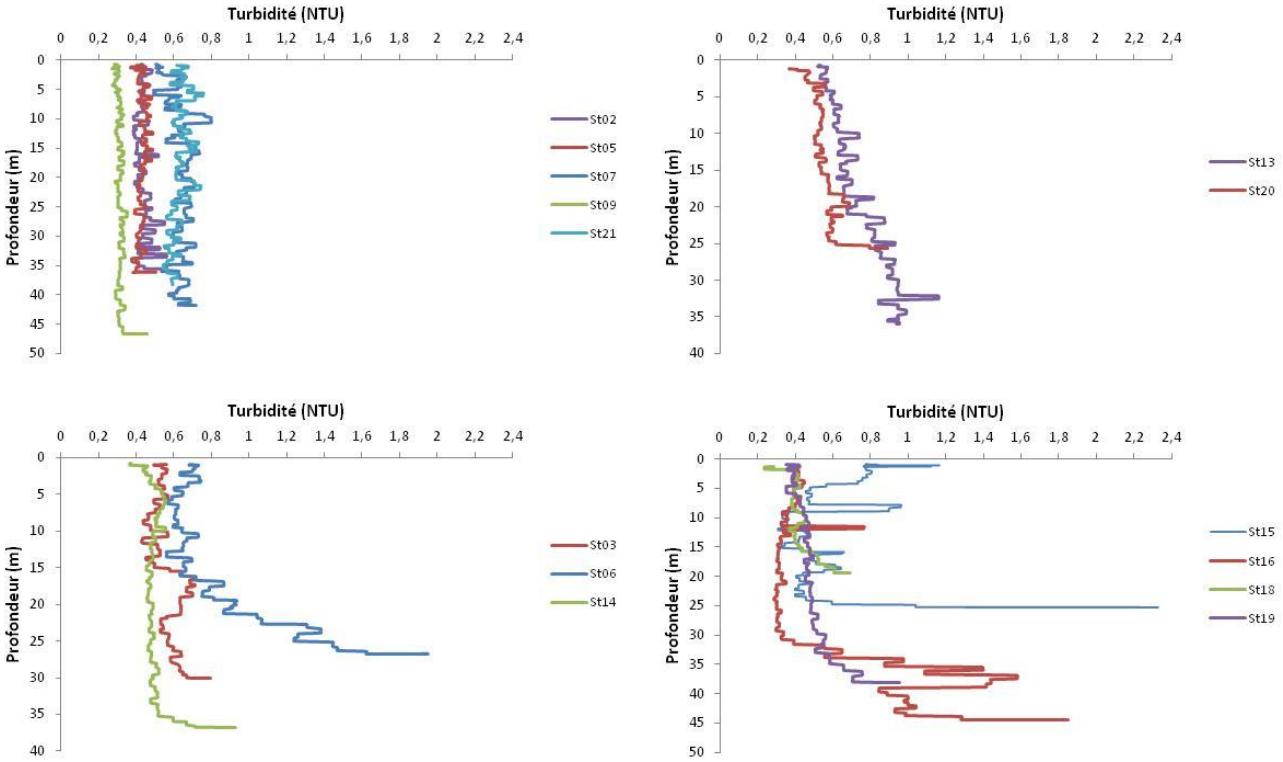


Figure 10 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

d) Salinité

Les stations du Canal de la Havannah et de l'Ile Ouen présentent des profils de salinité très homogènes au sein de la colonne d'eau. La salinité moyenne mesurée au niveau des 5 stations du Canal de la Havannah s'élève à 35,27 ± 0,02 ‰ et celle mesurée aux 2 stations de l'ile Ouen à 35,33 ± 0,01 ‰.

A l'inverse, les stations influencées par les apports d'eaux douces présentent des salinités plus faibles dans les 10 premiers mètres de surface, à l'exception de la station St16. Les stations St15 (Prony Creek Baie Nord) et St03 (Port Boisé) présentent les salinités de surface les plus faibles de la zone d'étude atteignant 33,74 et 33,83 ‰, respectivement. Les salinités de surface des stations St18 (Ilot Casy), St06 (Baie Kwé) et St14 (Port de Goro) sont également plus faibles par rapport à la salinité mesurée dans le reste de la colonne d'eau ; celles-ci s'élèvent à 34,51, 34,38 et 34,62 ‰, respectivement. A partir de 5-10 m, la salinité de ces mêmes stations augmente jusqu'à (~35,20 ‰) et reste relativement stable dans le reste de la colonne d'eau. Seule la salinité mesurée à la station St16 (Prony Wharf) est constante dans l'ensemble de la colonne d'eau (35,31 ± 0,03 ‰).

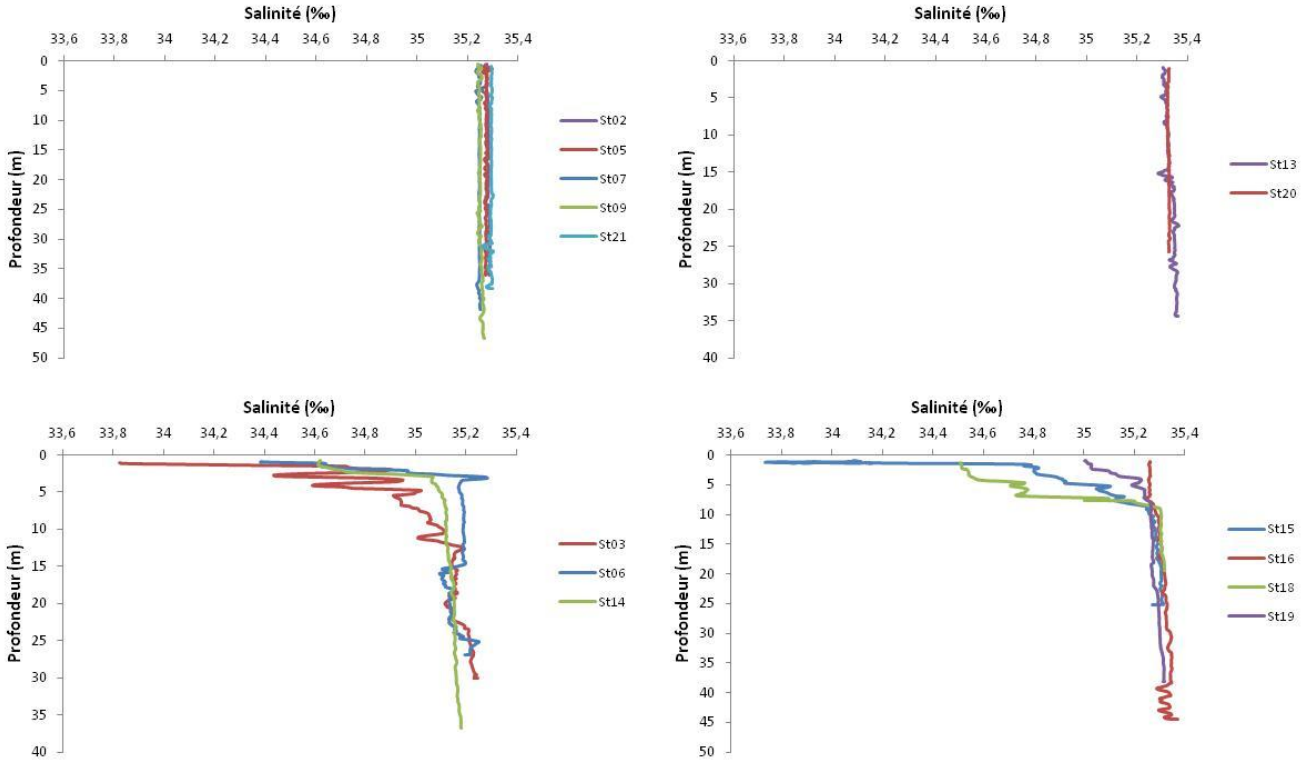


Figure 11 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

2. Campagne trimestrielle : Mai 2013

Les valeurs des variables température, fluorescence, turbidité et salinité mesurées lors de la campagne trimestrielle sont répertoriées dans la Figure 12.

Les profils des stations St15 et St16 présentent les mêmes variations de variables physico-chimiques :

- la température augmente en surface jusqu'à atteindre un pic de 24,58 °C à 5 m (St15) et de 24,10 °C à 15 m (St16) puis diminue ensuite jusqu'au fond (Figure 12) ;
- la fluorescence atteint également un pic de 1,58 mg/m^3 à 10 m (St15) et de 1,21 mg/m^3 entre 10-20 m (St16) puis, comme la température, diminue jusqu'au fond (Figure 12) ;
- de même que pour la campagne de mars 2013, on observe la formation d'une couche turbide en surface atteignant 1,41 NTU à 3 m à la station St15 ; la turbidité mesurée à cette même station augmente progressivement avec la profondeur jusqu'à atteindre environ 3,02 NTU en profondeur alors que la turbidité de la station St16 varie entre 0,44 et 0,81 NTU jusqu'à 35 m puis augmente jusqu'à 2,93 NTU jusqu'au fond (Figure 12) ;
- une dessalure est également observée en surface aux deux stations puis la salinité stagne à partir de 5 m (St15) et 10 m (St16) autour de 35,30 ‰ (Figure 12) ; par contre, on n'observe pas de dessalure à la station St16 en surface lors de la campagne de mars 2013.

Les profils des variables physico-chimiques mesurés aux stations St15 et St16 de la Baie du Prony en mai 2013 mettent en évidence les apports d'eaux douces provenant des creeks de la Baie du Prony provoquant une augmentation de la température et de l'activité phytoplanctonique ainsi qu'une dessalure dans les eaux de surface. Des népéhéloïdes benthiques sont également observés à ces 2 stations.

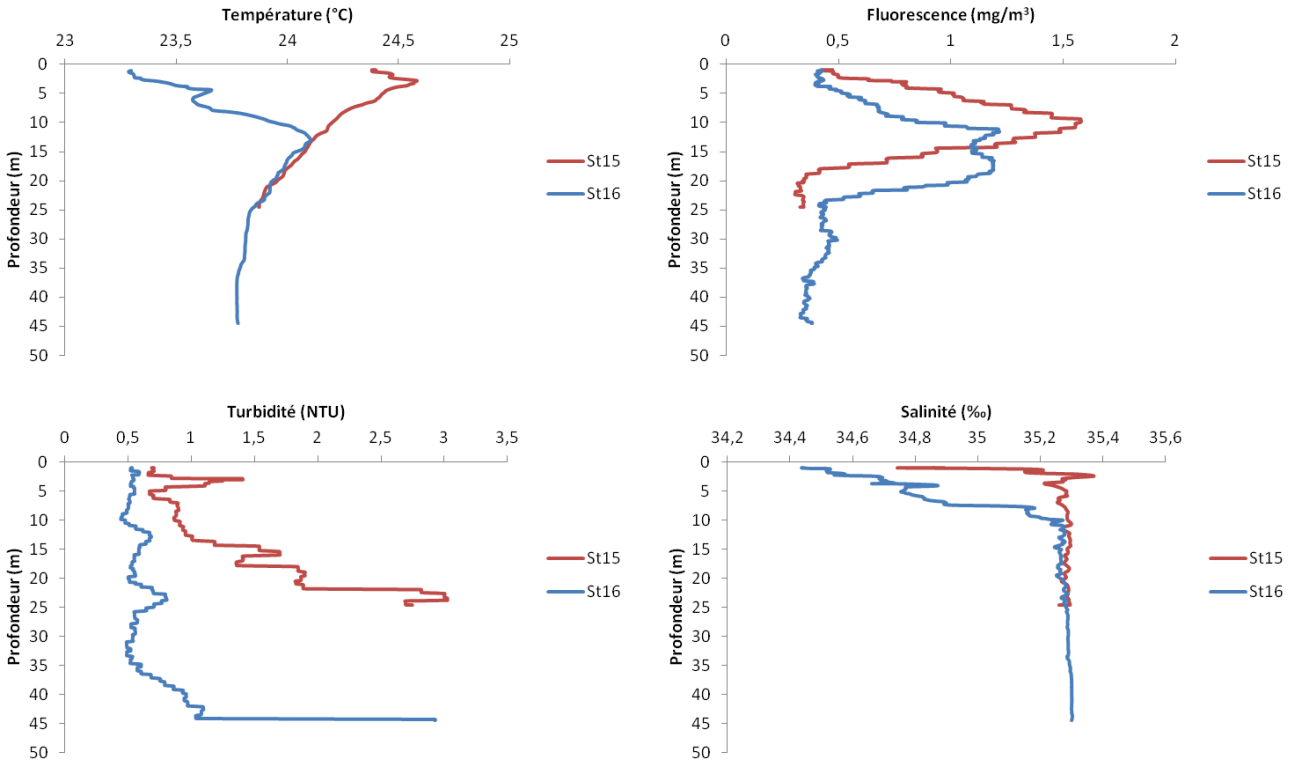


Figure 12 : Profils de température, fluorescence, turbidité et salinité des deux stations échantillonnées dans la Baie du Prony (St15 et St16) lors de la campagne trimestrielle de mai 2013.

Ce qu'il faut retenir :

Les profils des variables physico-chimiques mettent en évidence les stations influencées par les apports d'eaux douces des creeks de la Baie du Prony (St15, St16, St18 et St19), de la Kwé (St06), de Port boisé (St03) et de la Baie de Goro (St14). Ces apports sont décelés par des salinités plus faibles en surface ainsi que des températures plus élevées (St15, St16, St18 et St19) ou plus faibles (St03 et St06) en surface. Ces apports sont nettement mis en évidence par la formation de couches turbides de surface (St15) et de profondeur (néphéloïdes benthiques des stations St06, St15, St16, St18 et St19). Dans la Baie du Prony, l'augmentation de la fluorescence avec la profondeur met en évidence une augmentation du métabolisme benthique probablement due aux apports provenant des néphéloïdes benthiques.

Les profils des variables physico-chimiques permettent également de distinguer les stations influencées par les eaux océaniques. Celles-ci sont soumises à d'importants mélanges verticaux liés à la turbulence des courants du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21). Ces stations sont généralement remarquables par les valeurs des variables physico-chimiques constantes au sein de la colonne d'eau.

E. Analyse des sels nutritifs

Les résultats d'analyse des sels nutritifs de la campagne semestrielle de mars 2013 sont regroupés dans les Figure 13, Figure 14, Figure 15, Figure 16, le Tableau 7 et en Annexe 3.

1. Nitrates et nitrites

Rappel : *L'ion nitrate (NO_3) est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Les ions nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton qui, une fois dégradé par les bactéries, restitue au système l'azote sous forme minérale (à savoir le NO_3). La vitesse de régénération peut être parfois différente de la vitesse d'utilisation, il en résulte des concentrations en nitrates variables qui peuvent être un facteur influençant la croissance du phytoplancton.*

Les concentrations de nitrates et nitrites (NO_3+NO_2) sont très dispersées dans la zone d'étude ; celles-ci sont comprises entre des valeurs inférieures à 0,020 µM (limite de quantification) et 1,393 µM avec une moyenne de 0,130 ± 0,233 µM (Tableau 7). Celles-ci ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude, ni avec la profondeur (Figure 13).

La concentration la plus élevée de la zone a été mesurée dans les eaux de surface de la Baie Kwé (St06) ; celle-ci s'élevant à 1,393 µM. A la Pointe du Récif Ma (St13), les concentrations de NO_3+NO_2 augmentent avec la profondeur, on observe une concentration de fond (0,465 µM) 7 fois plus élevée que celle de surface (0,065 µM).

Les concentrations moyennes de la Baie du Prony s'élèvent à 0,070 ± 0,042 µM. Dans cette zone, les valeurs maximales ont été mesurées en surface (0,148 µM) et profondeur (0,119 µM) de la station St15, directement à l'embouchure des creeks de la Baie.

Les concentrations des stations du Canal de la Havannah sont assez dispersées variant de concentrations inférieures à 0,020 µM (St07-M et St21-S) à 0,263 µM (St21-M).

Les concentrations moyennes de NO_3+NO_2 de 2013 sont similaires à celles de 2012 (0,14 ± 0,10 µM). Les campagnes de 2012 et 2013 présentent des concentrations de NO_3+NO_2 plus faibles que celles des années précédentes (Annexe 7).

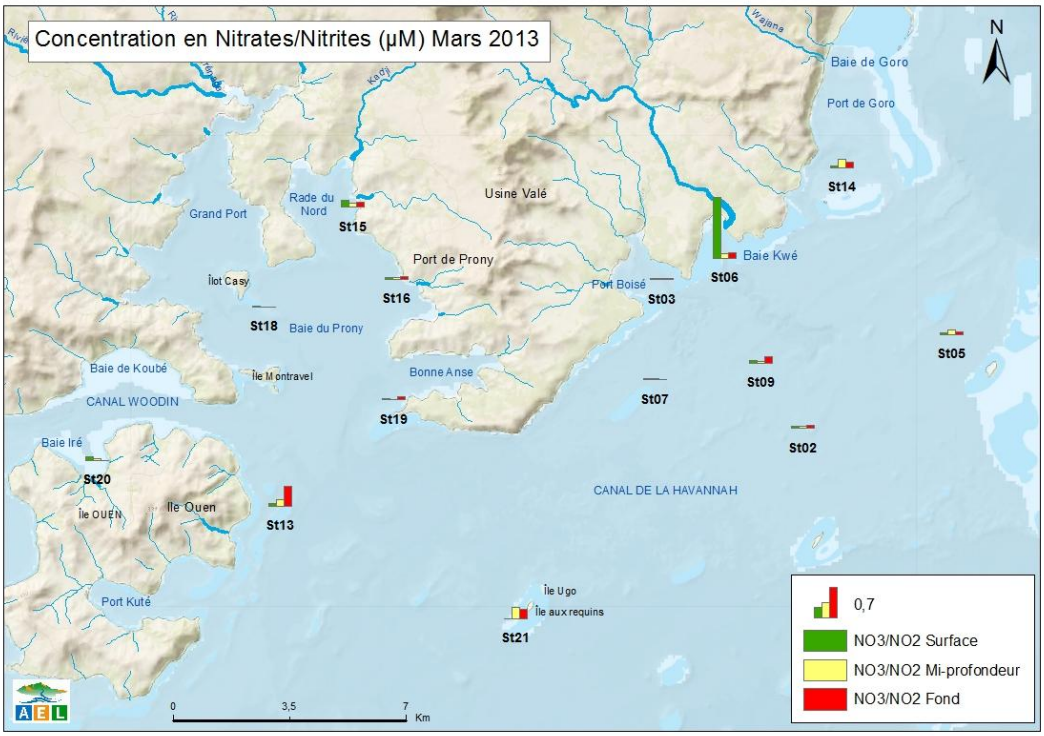


Figure 13 : Concentration de nitrates et nitrites dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

2. Ammonium

Rappel : *Dans le milieu marin, la forme prépondérante de l'azote ammoniacal est l'ammonium (NH_4^+). Naturellement, il provient des excrétions animales et de la dégradation bactérienne des composés organiques azotés. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles par litre.*

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les concentrations de NH_4 sont assez dispersées et ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude (Figure 14) ; celles-ci sont comprises entre 0,014 et 0,246 µM avec une moyenne de 0,061 ± 0,052 µM (Tableau 7). Les concentrations maximales ont été mesurées à la pointe nord du récif Ma (St13) et, comme les concentrations de NO_3+NO_2, celles-ci augmentent avec la profondeur passant de 0,157 (surface) à 0,246 (fond) µM. Les concentrations de NH_4 mesurées en Baie Kwé (St06) sont également, comme celles de NO_3+NO_2, plus élevées en surface (0,135 µM).

Les concentrations mesurées dans le Canal de la Havannah sont assez variables ; celles-ci sont comprises entre 0,019 (St09-S) et 0,135 (St07-S) µM.

Les concentrations moyennes de la Baie du Prony sont très légèrement plus faibles que celles du Canal de la Havannah ; celles-ci varient de 0,014 (St16-S) à 0,073 (St18-M) µM.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, la concentration moyenne de NH_4 mesurée en mars 2013 est relativement similaire à celle obtenue lors de la campagne « saison humide » de 2012 (0,07 ± 0,05 µM). Depuis 2007, les concentrations moyennes de NH_4 mesurées lors des campagnes « saison humide » ne montrent pas d'évolution particulière (Annexe 7).

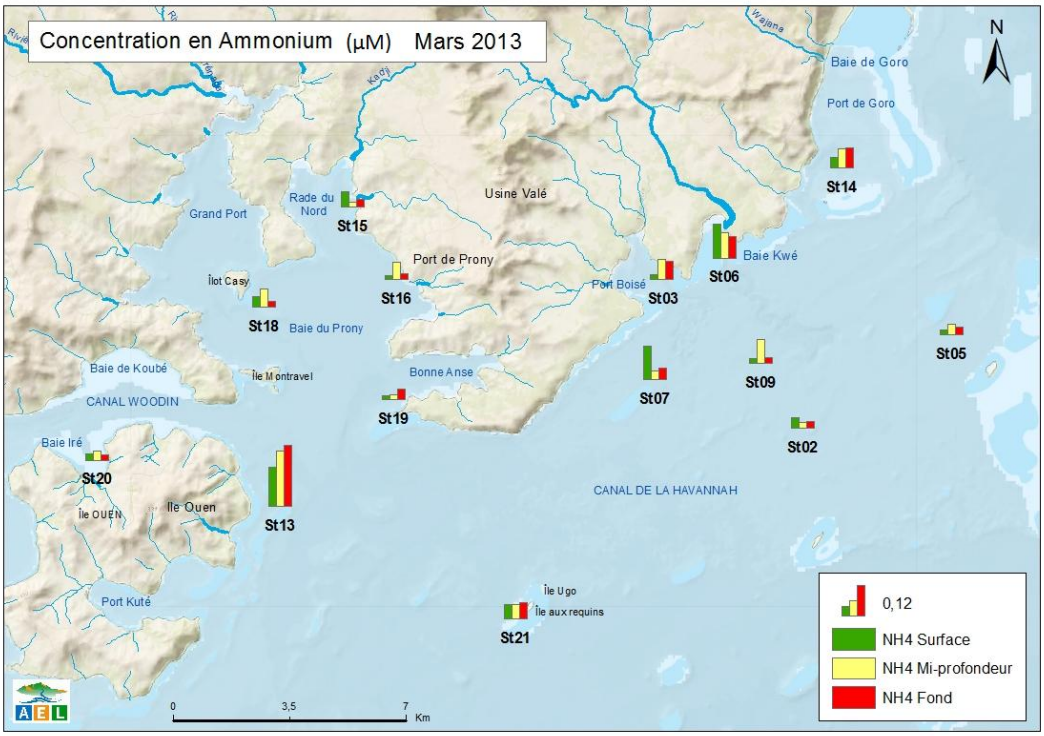


Figure 14 : Concentration d'ammonium dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

3. Phosphates

Rappel : *Dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions orthophosphates (PO_4^{2-}). Les teneurs sont généralement très faibles en surface et augmentent avec la profondeur au-dessous de la zone euphotique (la zone euphotique correspond à la hauteur d'eau qui est pénétrée par la lumière). En milieu côtier, une augmentation des concentrations est un signe d'influence terrigène.*

Les concentrations de phosphates (PO_4) ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude (Figure 15) ; celles-ci sont comprises entre des valeurs inférieures à 0,010 µM (limite de quantification) et 0,063 µM avec une concentration moyenne de 0,033 ± 0,012 µM (Tableau 7).

Dans le Canal de la Havannah, les concentrations moyennes, toutes profondeurs confondues, mesurées aux stations St02 (0,040 ± 0,005 µM), St05 (0,047 ± 0,003 µM) et St21 (0,038 ± 0,002 µM) sont homogènes dans la colonne d'eau et sont plus élevées que celles mesurées aux stations St07 et St09. Les concentrations de ces dernières augmentent avec la profondeur ; celles-ci sont inférieures à 0,010 µM en surface et atteignent 0,017 et 0,022 µM en profondeur, respectivement.

Dans la Baie du Prony, à l'exception de la station St19-S (0,063 ± 0,013 µM), les concentrations de surface sont inférieures à 0,010 µM.

Les concentrations moyennes de PO_4 mesurées en mars 2013 restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des précédentes campagnes semestrielles « saison humide » depuis 2007 ; celles-ci sont particulièrement similaires à celles mesurées lors de la campagne de 2007 (Annexe 7).

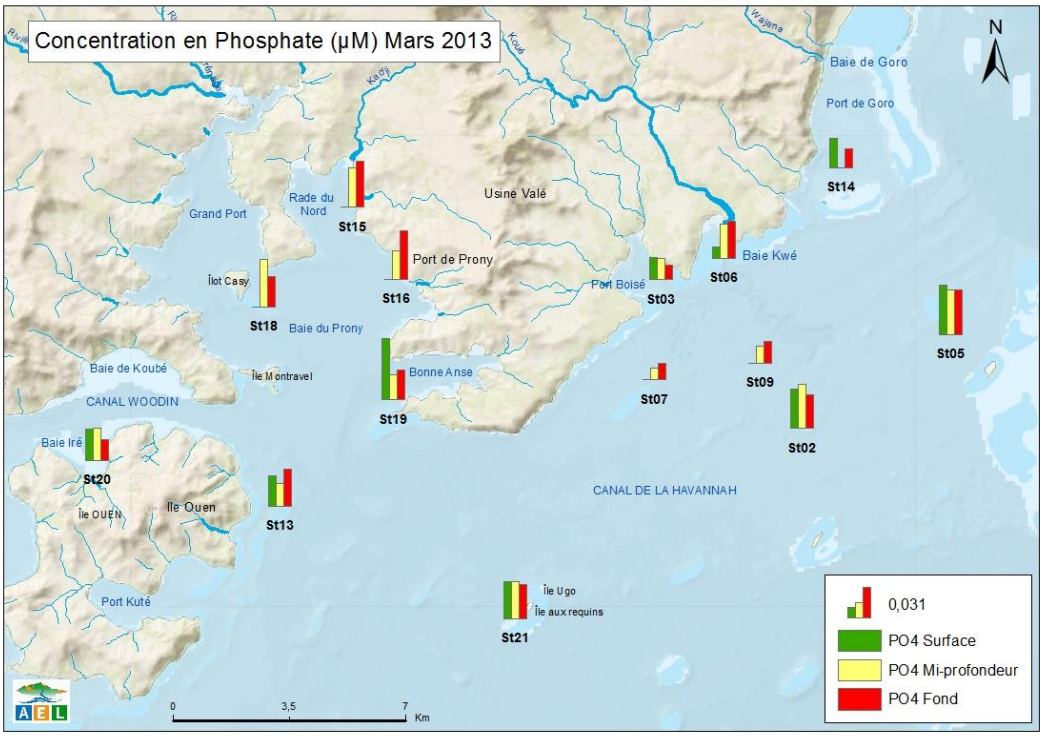


Figure 15 : Concentration de phosphates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

4. Silicates

Rappel : *Bien que le silicium ne soit pas un composant de la matière vivante proprement dite, il constitue l'essentiel des squelettes de divers organismes marins. Sa concentration dans l'eau de mer, sous forme de silicates (SiO_4^{2-}), qui peut devenir insuffisante en raison de sa très faible solubilité, varie en fonction de l'origine et la nature des eaux. Ainsi, dans le domaine océanique, les concentrations en surface sont généralement très faibles mais elles augmentent progressivement à mesure que l'on se rapproche des côtes ou des fonds abyssaux.*

Les concentrations de silicates montrent un fort gradient côte large ainsi qu'un gradient surface fond (Figure 16). En effet, celles-ci sont plus élevées au niveau des stations proches des côtes ainsi que dans les eaux de surface (St15, St18, St03, St06, St14). Les concentrations de silicates les plus élevées ont été mesurées dans les eaux de surface des stations St06 (12,34 ± 0,23 µM) et St15 (12,96 ± 0,22 µM). Celles-ci sont presque 10 fois plus élevées que les concentrations de mi-profondeur et fond mesurées à ces mêmes stations.

A l'inverse, les concentrations mesurées dans le Canal de la Havannah sont particulièrement homogènes et plus faibles que celles mesurées proches des côtes ; celles-ci varient entre 0,74 et 1,16 µM avec une moyenne de 0,96 ± 0,14 µM (Tableau 7). Les stations proches de l'Ile Ouen présentent des concentrations légèrement plus élevées que celles mesurées dans le Canal de la Havannah et très homogènes entre les 3 niveaux de prélèvement (St13 : 1,33 ± 0,10 µM ; St20 : 1,39 ± 0,08 µM).

Bien que les concentrations maximales mesurées en mars 2013 (12,34 et 12,96 µM) soient plus élevées que pour les campagnes « saison humide » depuis 2007, les concentrations moyennes de silicates mesurées en mars 2013 restent dans le même ordre de grandeur que celles des précédentes campagnes (Annexe 7).

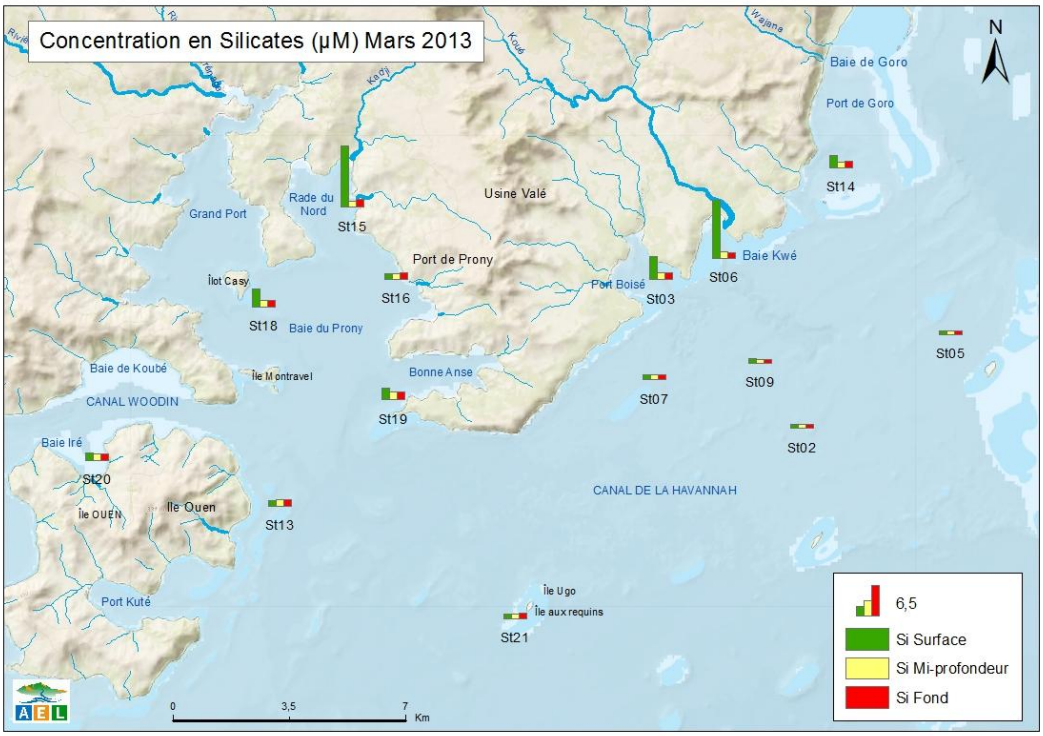


Figure 16 : Concentration de silicates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

Tableau 7 : Concentrations des sels nutritifs (NO_2+NO_3, NH_4, PO_4 et SiO_4) enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type).

		NO_3+NO_2 (µM)	NH_4 (µM)	PO_4 (µM)	SiO_4 (µM)
Domaine entier	Minimum	<LQ	0,014	<LQ	0,74
	Maximum	1,393	0,246	0,063	12,96
	Moyenne	0,130 ± 0,233	0,061 ± 0,052	0,033 ± 0,012	1,97 ± 2,54
Canal de la Havannah	Minimum	<LQ	0,019	<LQ	0,74
	Maximum	0,263	0,135	0,051	1,16
	Moyenne	0,088 ± 0,074	0,049 ± 0,032	0,034 ± 0,013	0,96 ± 0,14
Baie du Prony	Minimum	<LQ	0,014	<LQ	1,19
	Maximum	0,148	0,073	0,063	12,96
	Moyenne	0,070 ± 0,042	0,036 ± 0,021	0,041 ± 0,012	2,68 ± 3,32

<LQ: valeur inférieure à la limite de quantification

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations de NO_3+NO_2, NH_4 et PO_4 ne présentent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude alors que les concentrations de SiO_4 montrent un fort gradient côte large ainsi qu'un gradient vertical avec des concentrations plus élevées en surface qu'en profondeur, au niveau des stations localisées proches des côtes.

Les apports des creeks de la Baie Kwé et de la Baie du Prony sont nettement mis en évidence par les fortes concentrations de NO_3+NO_2 (St06) et SiO_4 (St06 et St15) mesurées dans les eaux de surface.

Les concentrations des sels nutritifs mesurées lors de cette dernière campagne restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des campagnes « saison humide » depuis 2007, à l'exception des concentrations de NO_3+NO_2 de 2012 et 2013 ayant subies une légère diminution.

F. Matière organique

La distinction entre la matière dissoute et particulaire est arbitraire. Cependant, les études environnementales considèrent généralement que la limite de taille est de 0,45 µm (Strickland & Parsons 1972).

Les concentrations de matières organiques dissoute et particulaire sont regroupées dans les Figure 17, Figure 18, Figure 19 et Figure 20, dans le Tableau 8 ainsi que dans l'Annexe 4.

1. Azote et phosphore organiques dissous

Rappel : *La contribution naturelle de l'azote et du phosphore provient de la dégradation de matière de nature biogénique, qu'elle soit d'origine océanique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, macro-organismes pélagiques…) ou terrestre (bactéries, débris végétaux,…) voire éolienne (bactéries, pollens, …). D'une manière générale, la concentration en composés dissous est très faible, particulièrement dans l'océan ouvert.*

Les concentrations d'azote organique dissous (NOD) ne montrent ni de distributions horizontale ni verticale dans la zone d'étude (Figure 17 ; Figure 18). Les concentrations de phosphore organique dissous (POD) sont légèrement plus élevées dans le Canal de la Havannah que dans la Baie du Prony (Tableau 8 8). Cette même variation a été observée lors de la campagne de mars 2012 (Annexe 8). Pour le NOD, les concentrations moyennes restent les mêmes entre ces deux zones tant en 2013 qu'en 2012.

Les concentrations moyennes de NOD et POD mesurées lors de la campagne de mars 2013 (NOD : 3,60 ± 0,57 µM ; POD : 0,19 ± 0,05 µM) sont sensiblement similaires à celles mesurées lors de la campagne de mars 2012 (NOD : 3,57 ± 0,70 µM ; POD : 0,18 ± 0,06 µM) (Annexe 8).

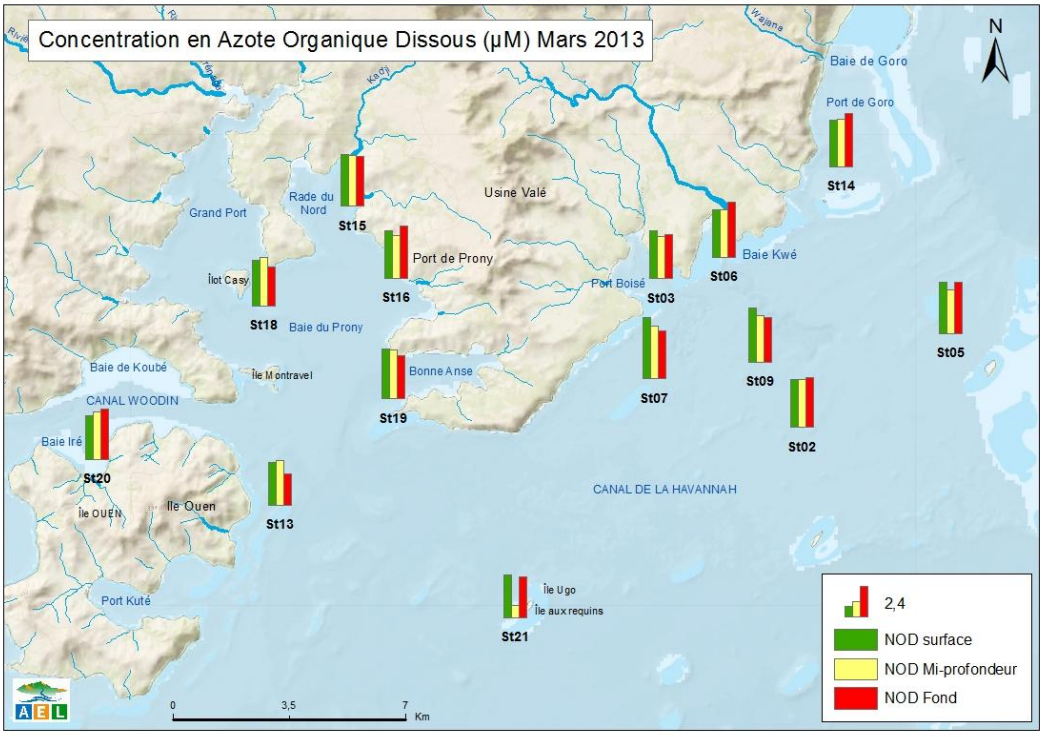


Figure 17 : Concentration d'azote organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

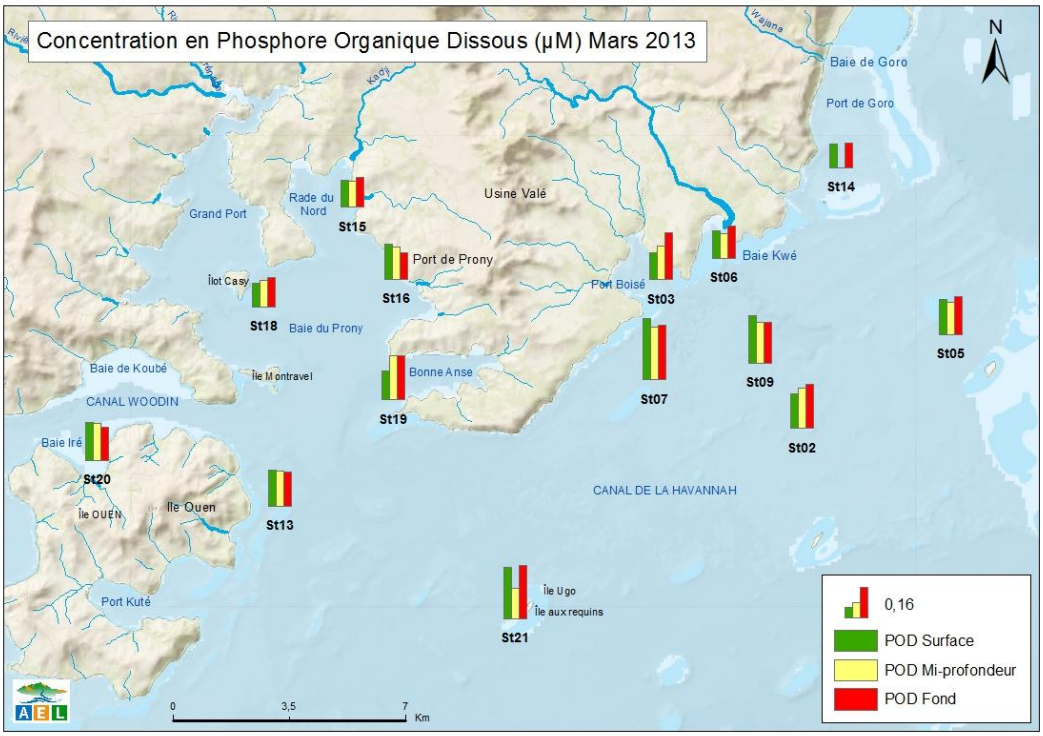


Figure 18 : Concentration de phosphore organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

2. Azote, carbone et phosphore organiques particulaires

Rappel : *La fraction particulaire de ces éléments constitue des matières en suspension de tailles diverses transportées au sein des masses d'eau. Leur origine est également océanique, terrestre voire éolienne. Les concentrations présentent d'ordinaire un gradient côte-large et peuvent montrer des discontinuités verticales en fonction de l'existence ou non de couches turbides.*

Les concentrations d'azote organique particulaire (NOP) et phosphore organique particulaire (POP) présentent un léger gradient côte-large avec des concentrations plus élevées au niveau des stations proches des côtes (St15, St03, St06 et St14) (Figure 19 ; Figure 20). Un gradient décroissant avec la profondeur est seulement observé pour quelques stations telles que les stations St15, St03, St06 et St14. Les concentrations maximales de NOP et POP ont été mesurées en surface à la station « Port de Goro » (St14) alors que les concentrations les plus faibles ont été mesurées au niveau de deux stations du Canal de la Havannah (St09-S et St02-F).

Les concentrations de COP ne montrent pas de distribution particulière au sein de la zone d'étude (Figure 21). Les concentrations moyennes de la Baie du Prony (12,42 ± 3,10 µM) et du Canal de la Havannah (11,69 ± 2,67 µM) sont quasiment similaires et relativement homogènes (Tableau 8). Seule la concentration de fond mesurée à la station St14 (61,85 µM) se démarque, celle-ci étant environ 4,6 fois plus élevée que la concentration moyenne de la zone d'étude. Cette concentration peut être liée à la fine couche turbide présente en profondeur à cette même station probablement riche en matière carbonatée (Figure 10).

Les concentrations de COP, NOP et POP mesurées en 2013 sont relativement similaires à celles mesurées lors des précédentes campagnes semestrielles conduites en « saison humide » (Annexe 8). Toutefois, les concentrations moyennes de POP mesurées dans la Baie du Prony en 2013 (0,09 ± 0,01 µM) sont légèrement plus élevées que celles mesurées en 2012 (0,06 ± 0,01 µM).

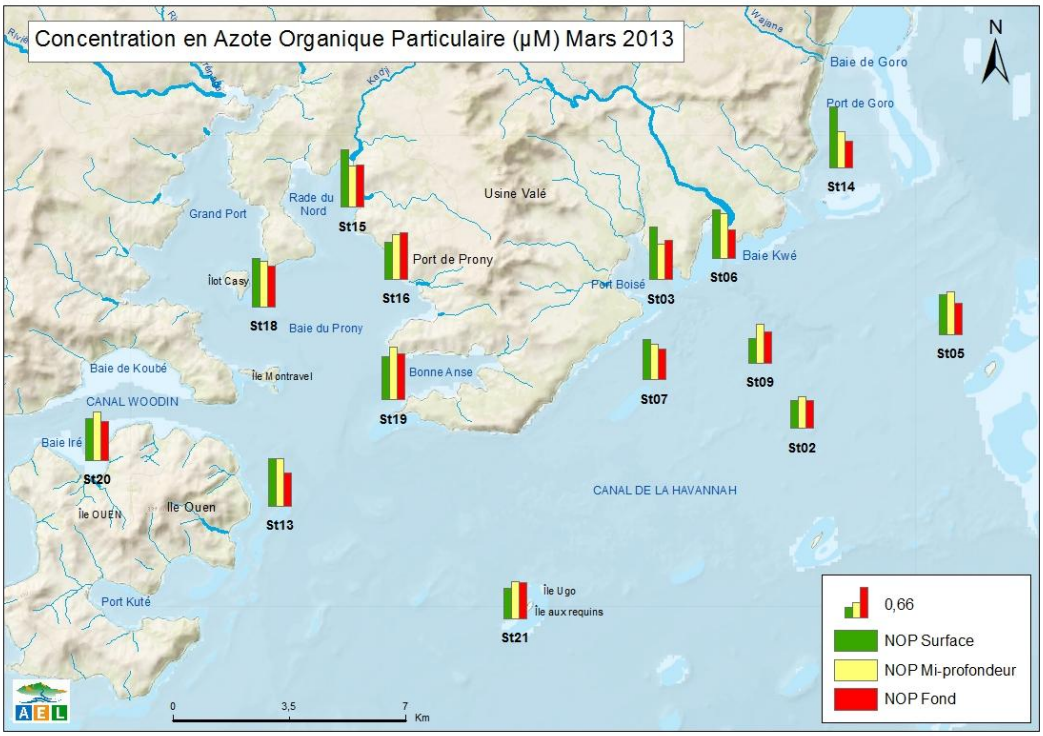


Figure 19 : Concentration d'azote organique particulaire dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

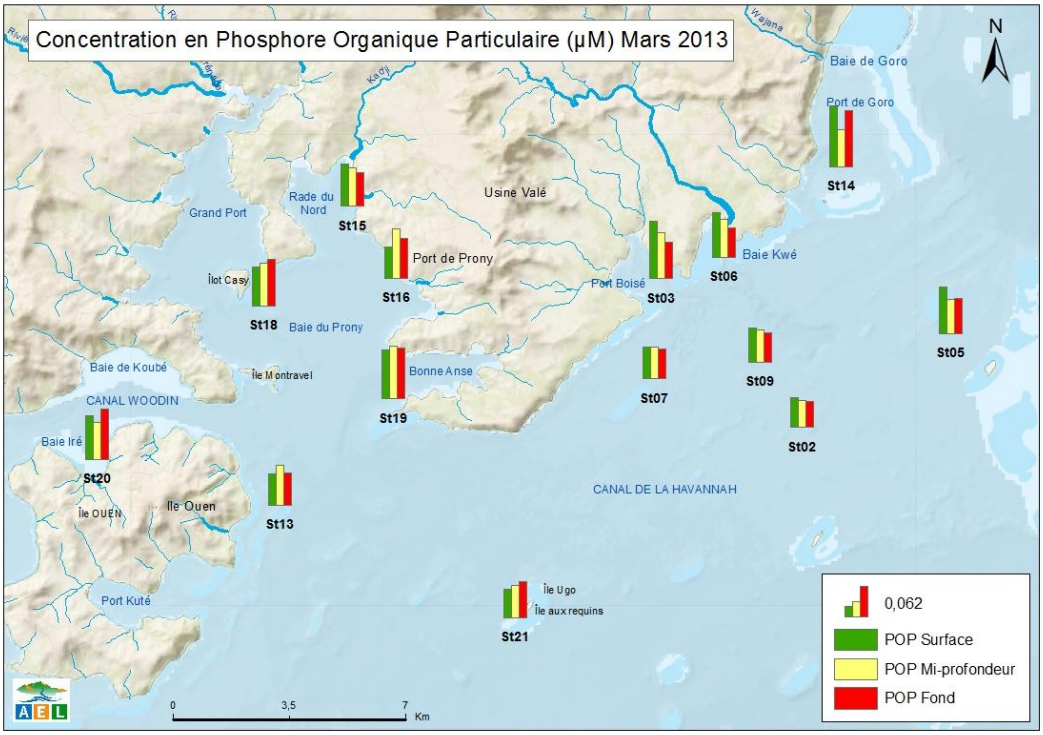


Figure 20 : Concentration de phosphore organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

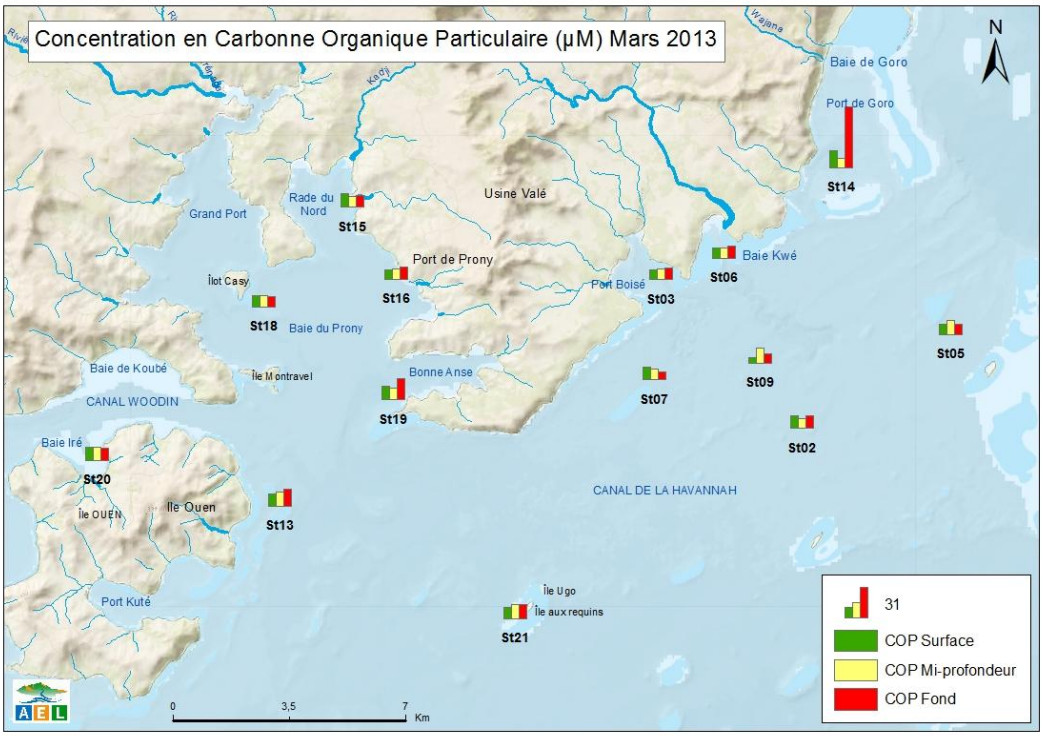


Figure 21 : Concentration de carbone organique particulaire dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

Tableau 8 : Concentrations de la matière organique dissoute (azote et phosphore), particulaire (azote, carbone et phosphore) et totale (azote et phosphore) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		NOD (µM)	POD (µM)	NOP (µM)	POP (µM)	COP (µM)	N total (µM)	P total (µM)
Domaine entier	Min	0,96	0,13	0,54	0,05	6,15	2,08	0,21
	Max	4,72	0,33	1,33	0,12	61,85	6,23	0,39
	Moy	3,60 ± 0,57	0,19 ± 0,05	0,87 ± 0,18	0,08 ± 0,02	13,37 ± 8,11	4,64 ± 0,60	0,30 ± 0,04
Canal de la Havannah	Min	0,96	0,16	0,54	0,05	6,15	2,08	0,27
	Max	4,72	0,33	0,93	0,09	15,09	5,75	0,39
	Moy	3,58 ± 0,83	0,23 ± 0,05	0,74 ± 0,11	0,07 ± 0,01	11,69 ± 2,67	4,45 ± 0,77	0,33 ± 0,04
Baie du Prony	Min	2,98	0,13	0,82	0,06	9,83	3,90	0,21
	Max	4,05	0,24	1,25	0,11	21,41	5,41	0,37
	Moy	3,66 ± 0,32	0,17 ± 0,04	0,99 ± 0,12	0,09 ± 0,01	12,42 ± 3,10	4,74 ± 0,39	0,28 ± 0,05

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations de NOD et COP ne montrent pas de distribution particulière dans l'ensemble de la zone d'étude ainsi qu'au sein de la colonne d'eau. Les concentrations de NOP et POP mettent en évidence un léger gradient côte-large avec des concentrations plus élevées au niveau des stations influencées par les apports terrigènes des creeks alors que les concentrations de POD sont légèrement plus faibles dans la Baie du Prony que dans le Canal de la Havannah. Les concentrations de matières organiques dissoute et particulaire mesurées lors de cette campagne restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées en 2012 lors de la précédente campagne semestrielle « saison humide ».

G. Pigments chlorophylliens

Rappel : *La chlorophylle est indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage permet donc d'estimer la biomasse phyto-planctonique et, de ce fait, le niveau trophique (oligotrophie/eutrophie) du milieu (Fichez et al. 2005). Sa dégradation donne de nombreux composés, dont principalement les phéopigments.*

Les concentrations de chlorophylle *a* et de phéopigments sont répertoriées dans les Figure 22 et Figure 23, le Tableau 9 et dans l'Annexe 5.

Les concentrations moyennes de chlorophylle *a* mesurées dans la Baie du Prony et dans le Canal de la Havannah sont relativement similaires (Tableau 9). Cependant, celles mesurées dans la Baie du Prony présentent toutes un gradient croissant avec la profondeur alors que celles du Canal de la Havannah sont relativement homogènes au sein de la colonne d'eau (Figure 22). En effet, les concentrations de fond des stations de la Baie du Prony sont environ deux fois plus élevées que celles mesurées en surface. Cette tendance est également observée aux stations de Port Boisé (St03) et de la Baie Kwé (St06).

Les concentrations de phéopigments mesurées dans la Baie du Prony sont plus faibles que celles mesurées dans le Canal de la Havannah (Tableau 9). Celles-ci ne présentent pas de distribution particulière avec la profondeur (Figure 23). La concentration maximale a été mesurée à la station « Port de Goro » en profondeur, celle-ci s'élevant à 0,25 µg/L. Cette forte concentration peut être corrélée avec la celle de COP mesurée à la même station. La légère couche turbide présente à cette station semble avoir accentué l'activité phytoplanctonique dans cette zone, augmentant ainsi la concentration de phéopigments et de COP.

Ce gradient vertical des concentrations de pigments chlorophylliens n'a pas été observé lors de la précédente campagne « saison humide » de mars 2012 mais lors de la campagne « saison sèche » d'août 2012, aux mêmes stations. Cependant, les concentrations moyennes des pigments chlorophylliens mesurées dans la zone d'étude restent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées lors des précédentes campagnes « saison humide » (Annexe 9).

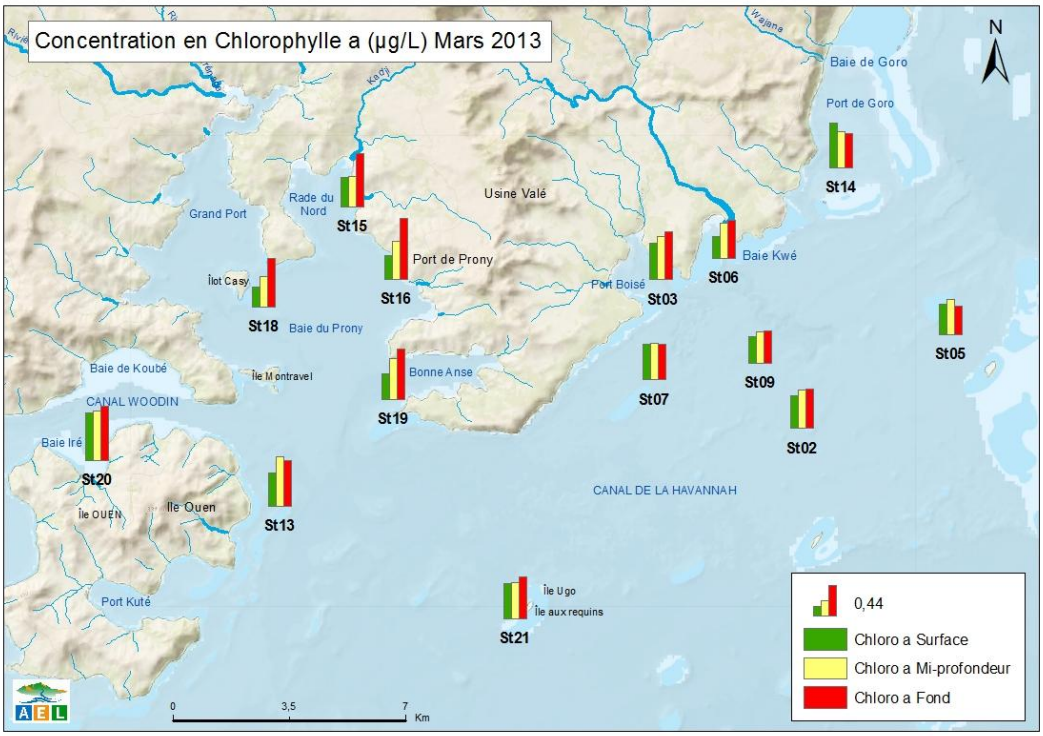


Figure 22 : Concentration de chlorophylle *a* dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

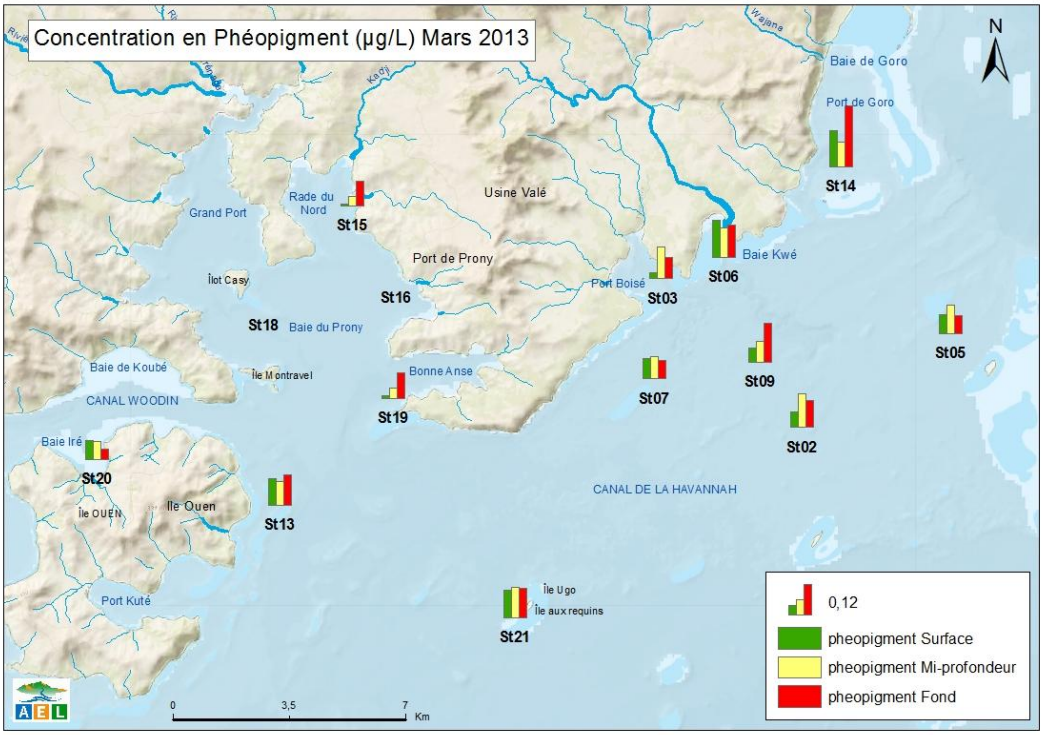


Figure 23 : Concentration de phéopigments dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

Tableau 9 : Concentrations de chlorophylle *a* et phéopigments mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		Chlorophylle *a* (µg/L)	Phéopigments (µg/L)
Domaine entier	Min	0,28	0,01
	Max	0,88	0,25
	Moy	0,54 ± 0,13	0,09 ± 0,05
Canal de la Havannah	Min	0,39	0,06
	Max	0,60	0,16
	Moy	0,50 ± 0,06	0,10 ± 0,03
Baie du Prony	Min	0,28	0,01
	Max	0,88	0,12
	Moy	0,55 ± 0,19	0,06 ± 0,04

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations de chlorophylle *a* présentent un gradient vertical au niveau des stations localisées proches des côtes, stations influencées par les apports en eaux douces des creeks avoisinants (St03, St06, St15, St16, St18 et St19) : les concentrations de profondeur sont plus élevées que celles mesurées en mi-profondeur et surface. Ce gradient est particulièrement mis en évidence en Baie du Prony où les concentrations peuvent être corrélées avec les profils de fluorescence et turbidité de ces mêmes stations, montrant la présence de néphéloïdes benthiques. Cette augmentation de pigments chlorophylliens provient probablement de la dégradation de débris végétaux en suspension dans les couches turbides.

Métaux dissous dans la colonne d'eau

Note : Les analyses de chrome total n'ont pas été réalisées en raison d'un problème d'appareillage. Les échantillons étant parfaitement conservés, les dosages seront réalisés dès que possible et seront fournis dans le prochain rapport semestriel 2013.

1. Campagne semestrielle : Mars 2013

Les résultats d'analyse des métaux dissous de la campagne semestrielle de mars 2013 sont regroupés dans les Figure 24, Figure 25, Figure 26, Figure 27, Figure 28, Figure 29, dans le Tableau 10 et en Annexe 6.

Comme observé lors de la dernière campagne semestrielle d'août 2012, les concentrations d'arsenic (As) sont remarquablement homogènes au sein de la zone d'étude ainsi qu'entre les différents niveaux de profondeur échantillonnés (Figure 24). Les concentrations de mars 2013 (1,76 ± 0,11 µg/L) sont néanmoins légèrement plus élevées que celles mesurées en août 2012 (1,19 ± 0,06 µg/L).

Les concentrations de cadmium (Cd) et plomb (Pb) sont en dessous des limites de quantification fixées, compte tenu des très basses teneurs de ces métaux dans les roches latéritiques du sud calédonien (Atlas de la Nouvelle-Calédonie 1981).

Comme observé lors des précédentes campagnes, les concentrations des métaux dissous cobalt (Co), chrome hexavalent Cr(VI), manganèse (Mn) et nickel (Ni) se distribuent selon un gradient « côte-large » bien défini (Figure 25 ; Figure 26 ; Figure 27 et Figure 28). On différencie nettement les stations du Canal de la Havannah (St02, St05, St07, St09 et St21) influencées par les masses d'eaux océaniques dont les concentrations moyennes sont beaucoup plus faibles que celles mesurées proches des côtes et influencées par les apports terrigènes des rivières (St03, St06, St14, St15, St16, St18 et St19) (Tableau 10). Les concentrations de ces mêmes métaux mesurées au niveau des stations de l'ile Ouen (St13 et St20) sont légèrement plus élevées que celles du Canal de la Havannah. Ces stations ont une influence intermédiaire entre terrigène et océanique.

Les stations localisées proches des côtes présentent également un gradient vertical avec des concentrations diminuant avec la profondeur. Les concentrations maximales de Co, Cr(VI), Mn et Ni ont été mesurées à la station St15, station la plus proche de l'embouchure des creeks de la Baie de Prony, et à la station St06, influencée par les apports de la Kwé. Par exemple, les concentrations de Ni mesurées en surface à ces 2 stations (St06 : 0,73 µg/L ; St15 : 0,58 µg/L) sont 6 et 2 fois, respectivement, plus élevées que celles mesurées en profondeur (St06 : 0,12 µg/L ; St15 : 0,28 µg/L).

Les concentrations de fer (Fe) semblent montrer un très léger gradient côte-large avec des concentrations plus élevées au niveau des stations proches des côtes (St06, St14, St15 et St18) (Figure 29). Celles-ci ne présentent pas de gradient vertical à l'exception de 3 stations de la Baie du Prony (St15, St16 et St18) où les concentrations augmentent avec la profondeur.

Contrairement aux années précédentes, les concentrations de cuivre (Cu) présentent une distribution côte-large et un gradient vertical relativement identiques à ceux observés au niveau des métaux dissous Co, Cr(VI), Mn et Ni (Figure 30). Les concentrations mesurées en Baie du Prony ainsi qu'en Baie Kwé sont plus élevées que celles mesurées au niveau des autres stations. Les concentrations maximales ont été mesurées dans la Baie du Prony dans les eaux de surface des stations St18 (0,075 µg/L) et St15 (0,070 µg/L).

Les concentrations de Zn sont distribuées de façon hétérogène au sein de la zone d'étude et ne présentent pas de gradient vertical (Figure 31). Les concentrations maximales ont été observées en mi-profondeur à la station St20 (Baie d'Iré : 0,87 µg/L).

Globalement, les concentrations de métaux dissous mesurées lors de cette campagne ne diffèrent pas de manière significative par rapport aux concentrations moyennes obtenues lors des précédentes campagnes « saison humide » (2007 à 2013) à l'exception du Cu dont la concentration varie à travers les années (Annexe 10). Ces dernières Cu présentent une diminution en 2013, comparées aux concentrations mesurées lors des précédentes années. Dans la zone d'étude, les concentrations moyennes de Cr(VI) et Ni sont relativement similaires entre 2012 et 2013 alors que les concentrations de Co, Fe, Mn et Zn diminuent très légèrement.

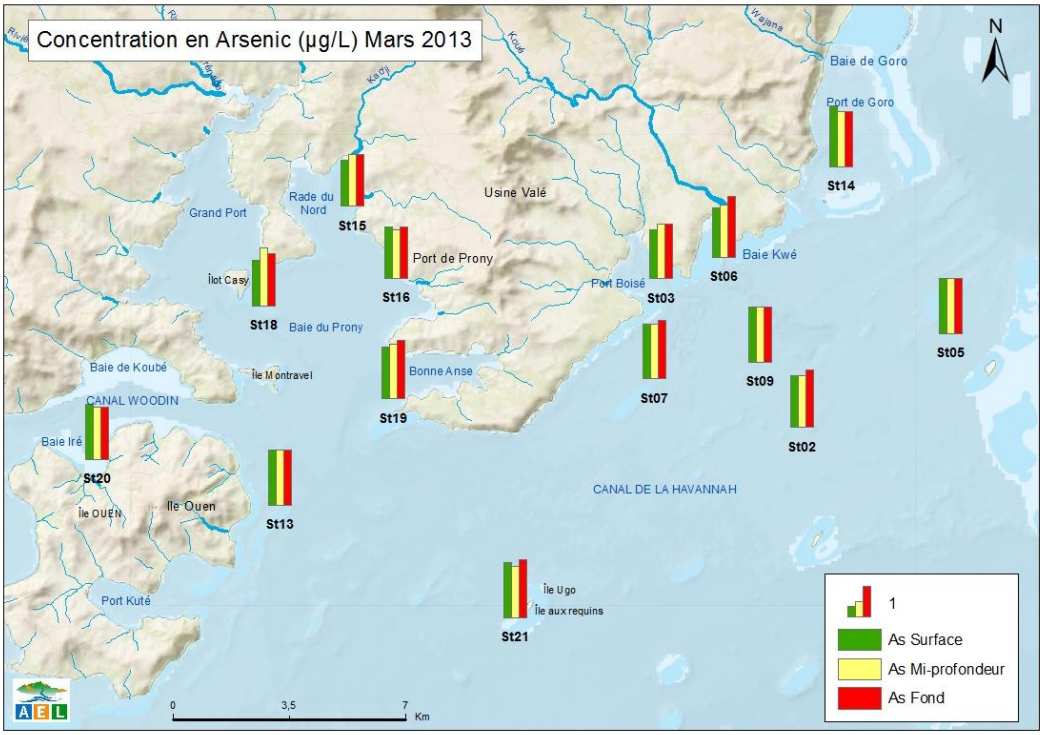


Figure 24 : Concentration d'arsenic dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

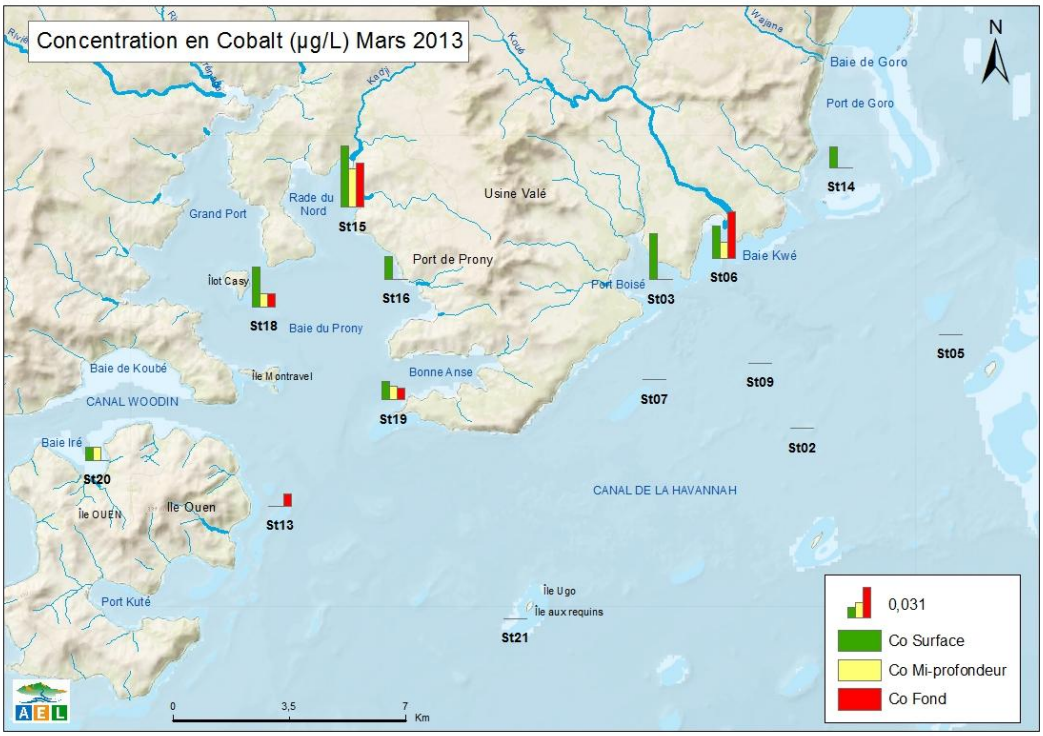


Figure 25 : Concentration de cobalt dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

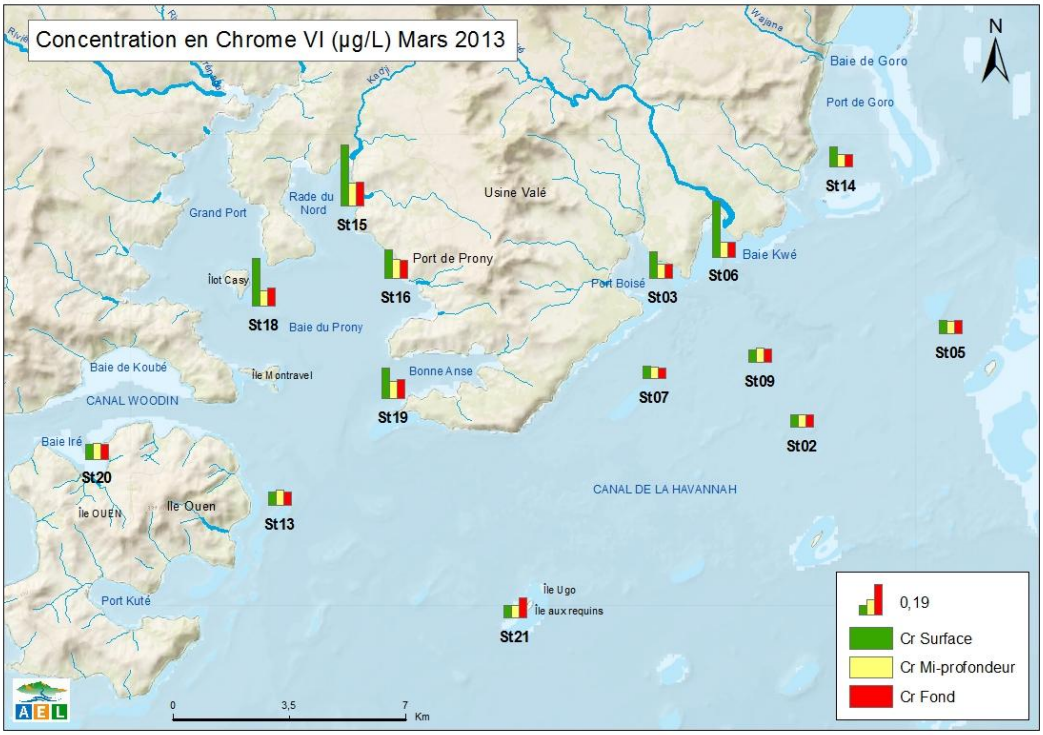


Figure 26: Concentration de chrome(VI) dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

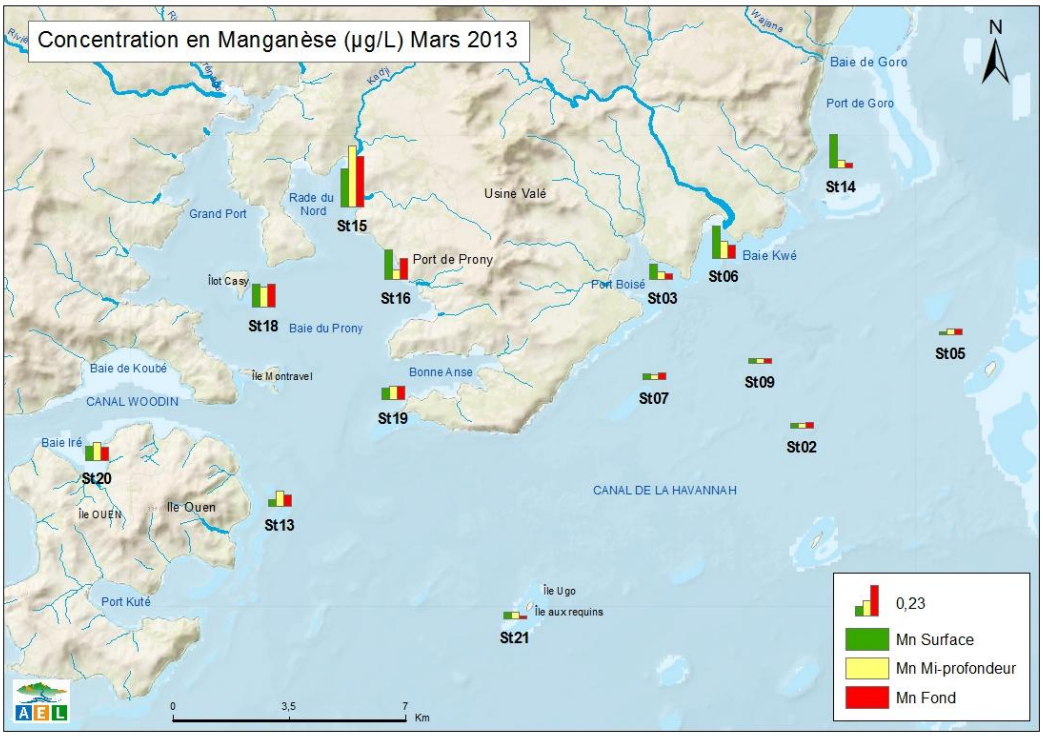


Figure 27 : Concentration de manganèse dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

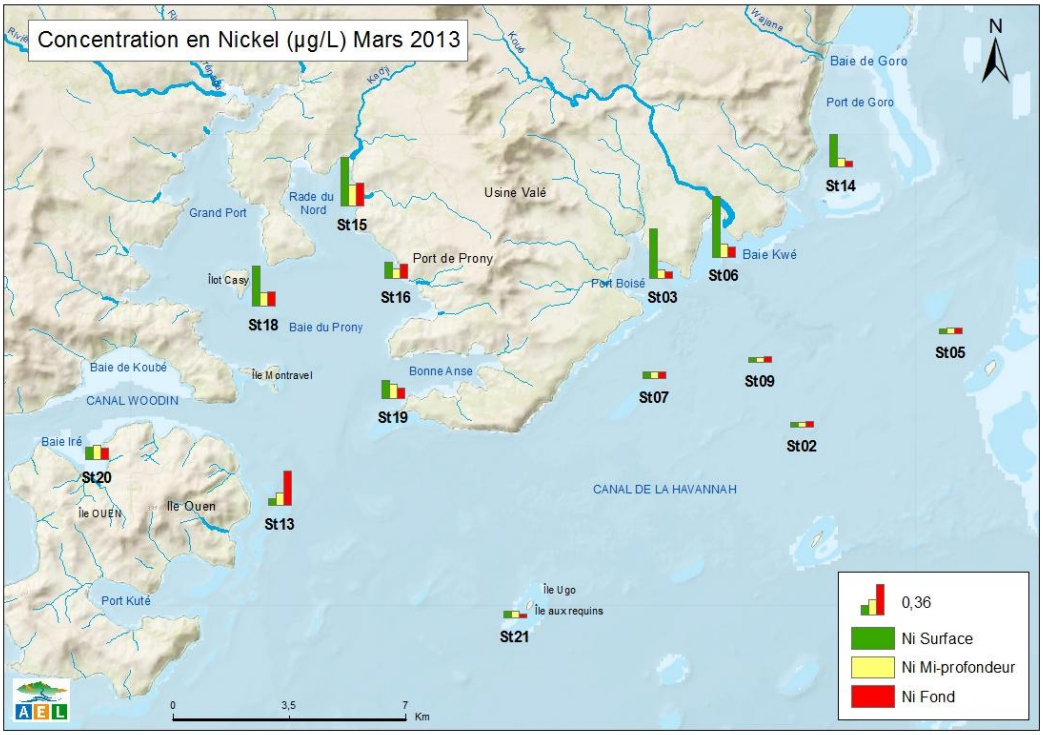


Figure 26 : Concentration de nickel dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

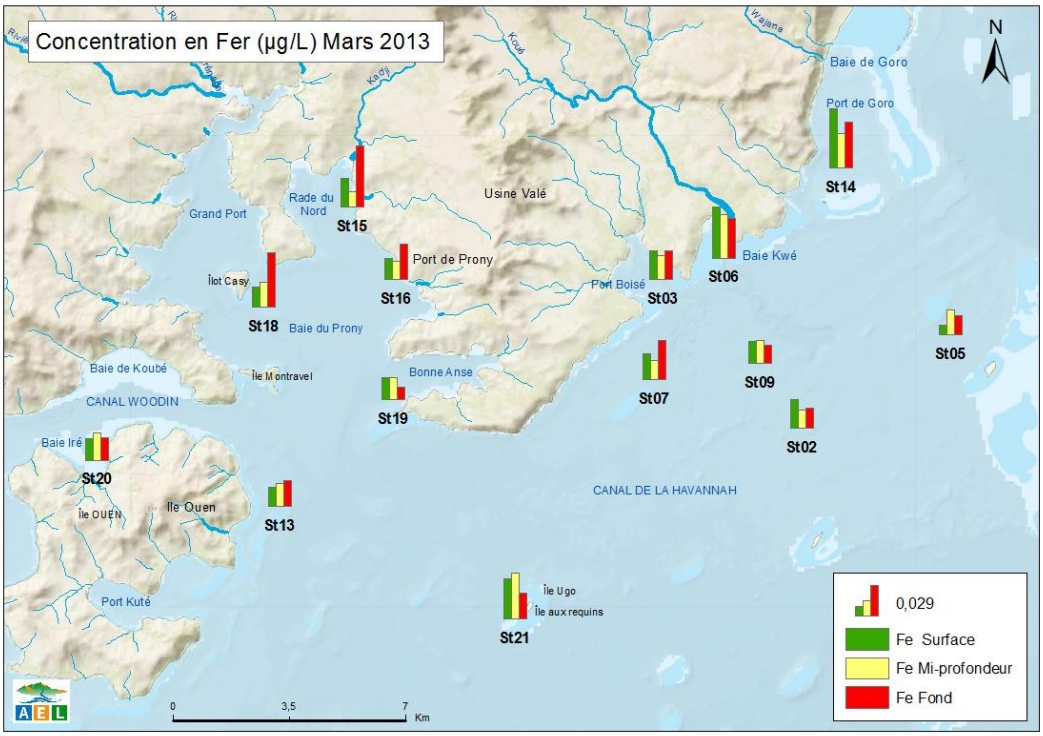


Figure 27 : Concentration de fer dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

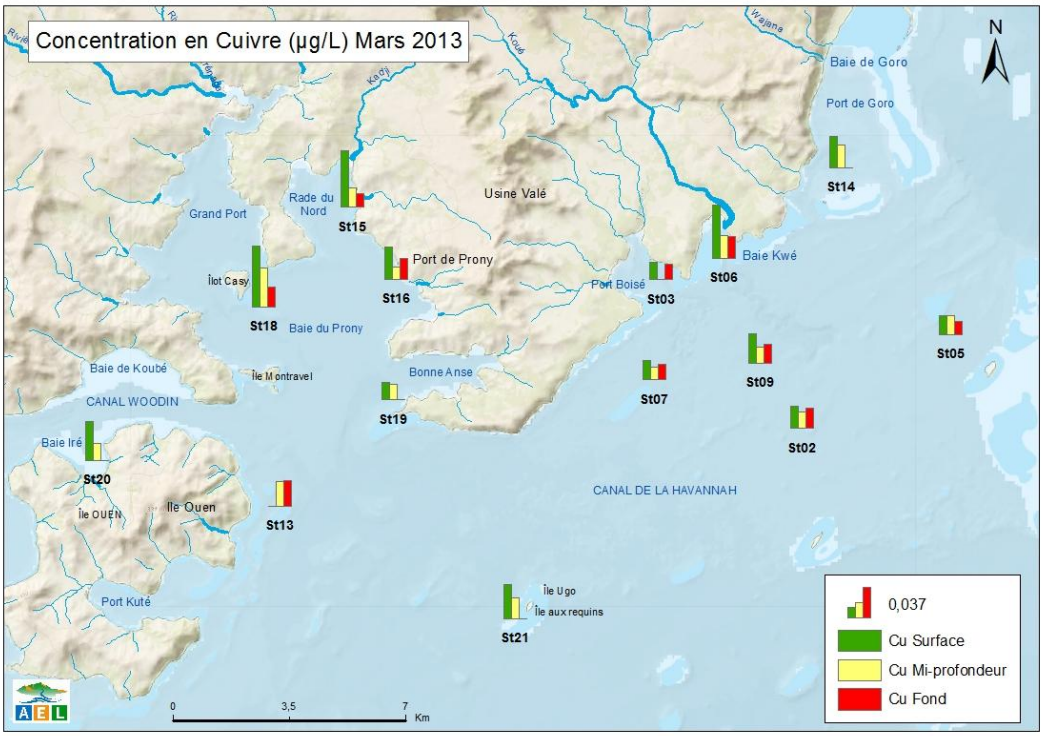


Figure 28 : Concentration de cuivre dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

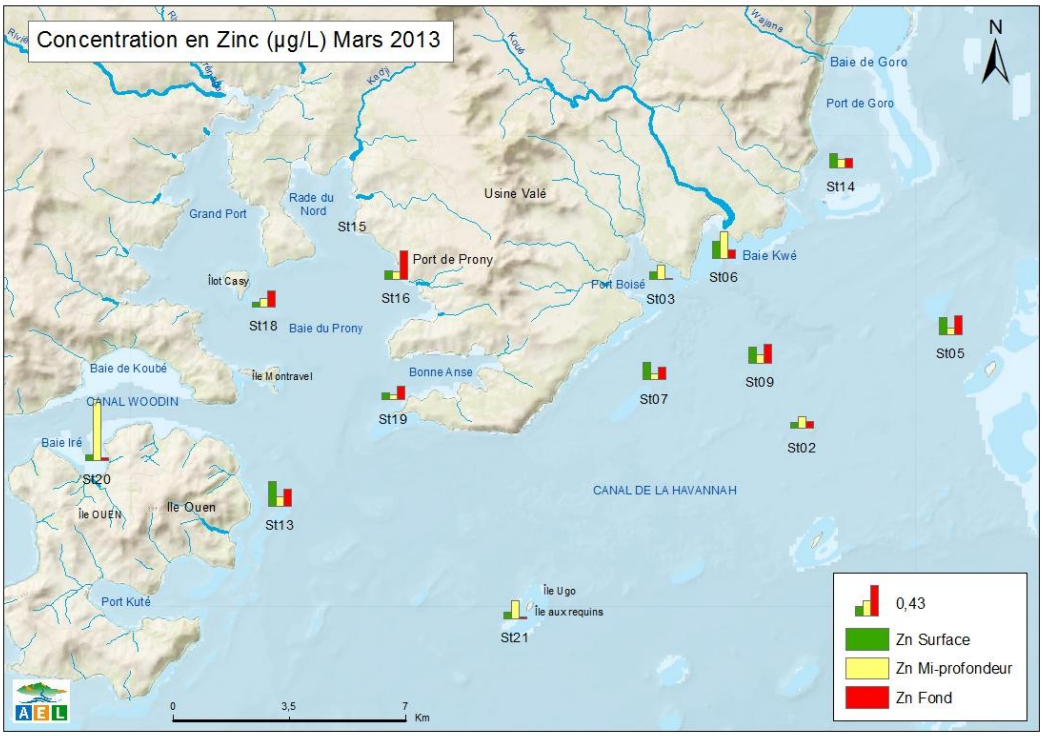


Figure 29 : Concentration de zinc dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013.

Tableau 10 : Concentrations des métaux dissous mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type).

		As (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Domaine entier	Min	1,50	<LQ	0,067	<LQ	0,009	0,021	0,041	0,022
	Max	2,00	0,061	0,380	0,075	0,058	0,462	0,726	0,867
	Moy	1,76 ± 0,11	0,027 ± 0,016	0,118 ± 0,070	0,030 ± 0,015	0,027 ± 0,012	0,109 ± 0,097	0,174 ± 0,162	0,181 ± 0,145
Canal de la Havannah	Min	1,70	<LQ	0,067	0,015	0,009	0,021	0,041	0,033
	Max	1,90	<LQ	0,123	0,043	0,044	0,052	0,085	0,267
	Moy	1,80 ± 0,07		0,082 ± 0,013	0,024 ± 0,007	0,024 ± 0,009	0,039 ± 0,009	0,067 ±0,013	0,164 ± 0,083
Baie du Prony	Min	1,5	0,012	0,095	0,015	0,012	0,072	0,109	0,063
	Max	1,9	0,061	0,380	0,075	0,058	0,462	0,578	0,404
	Moy	1,70 ± 0,13	0,028 ± 0,017	0,167 ± 0,087	0,034 ± 0,021	0,027 ± 0,014	0,197 ± 0,123	0,241 ± 0,143	0,153 ± 0,101

2. Campagne trimestrielle : Mai 2013

Les résultats d'analyse des métaux dissous déterminés aux stations St15 et St16 de la Baie du Prony lors des campagnes semestrielle de mars 2013 et trimestrielle de mai 2013 sont regroupés dans les Figure 30, Figure 31, Figure 32, Figure 33, Figure 34, Figure 35, Figure 36 et dans le Tableau 11.

Note : *Un problème technique est survenu lors de l'analyse des métaux dissous (Co, Cu, Mn, Ni et Zn) à la station St15-S de la campagne de mai 2013. Ces résultats ne sont donc pas disponibles.*

Globalement, les concentrations des métaux dissous Cu, Co, Mn et Ni des stations St15 et St16 sont toutes plus élevées en mai 2013 qu'en mars 2013.

Les concentrations d'As ne diffèrent pas entre les stations St15 et St16 ni au sein d'une même station et restent relativement stables entre les deux campagnes (Figure 32).

Les concentrations de Cu mesurées aux stations St15 et St16 lors de la campagne de mars 2013 sont légèrement plus élevées en surface qu'en profondeur (Figure 33). Cette distribution verticale n'est pas observée lors de la campagne de mai 2013. En effet, à la station St16, la concentration de Cu est nettement plus élevée en mi-profondeur (0,35 µg/L) qu'en surface (0,06 µg/L) et fond (0,04 µg/L). Cette différence est difficilement interprétable ; cette forte concentration de Cu pourrait éventuellement provenir des coques de bateaux présents dans le wharf de Prony.

Les concentrations de Co, Mn et Ni varient de façon relativement similaire (Figure 34 ; Figure 35 et Figure 36). A la station St15, les concentrations mesurées en mars 2013 sont plus élevées dans les eaux de surface pour le Co et Ni, les concentrations de Mn ne montrent pas de gradient vertical. En mai 2013, les concentrations de Co et Mn sont plus élevées en profondeur qu'en mi-profondeur, celles de Ni sont relativement similaires. A la station St16, les concentrations de ces mêmes métaux dissous ne montrent pas de distribution particulière avec la profondeur en mars 2013 alors que celles-ci diminuent avec la profondeur lors de la campagne de mai 2013. En effet, celles-ci ont été divisées par 5, 7 et 2 entre la surface et le fond pour les métaux Co, Mn et Ni, respectivement. Ces résultats sont étonnants au vu des faibles précipitations ayant eu lieu avant la campagne de mai 2013. D'autres phénomènes météorologiques doivent entrer en jeu tels que le vent ou la marée.

A l'inverse, les concentrations de Cr(VI) mesurées à la station St15 sont toutes plus élevées en mars 2013 et les concentrations de Cr(VI) mesurées aux 2 stations lors des 2 campagnes montrent la même distribution verticale (Figure 37). Celles-ci sont plus élevées en surface qu'en mi-profondeur et fond. Cette variation est plus prononcée à la station St15 qu'à la station St16. En effet, la station St15 est plus proche de l'embouchure des creeks de la Baie du Prony que la station St16 et donc plus influencée par les apports terrigènes.

Les concentrations de Zn sont plus élevées à la station St16 qu'à la station St15 (Figure 38). Cette différence peut être expliquée par la proximité de cette station avec le wharf de l'usine Vale-NC.

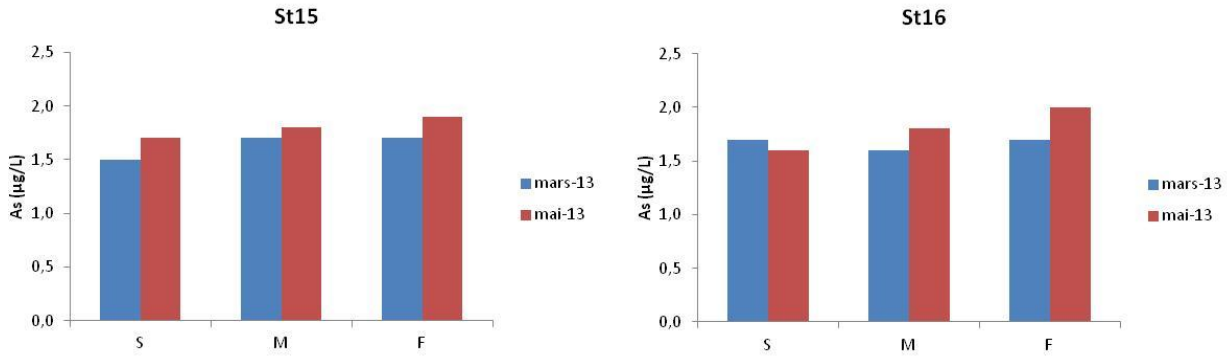


Figure 30 : Concentrations d'arsenic mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

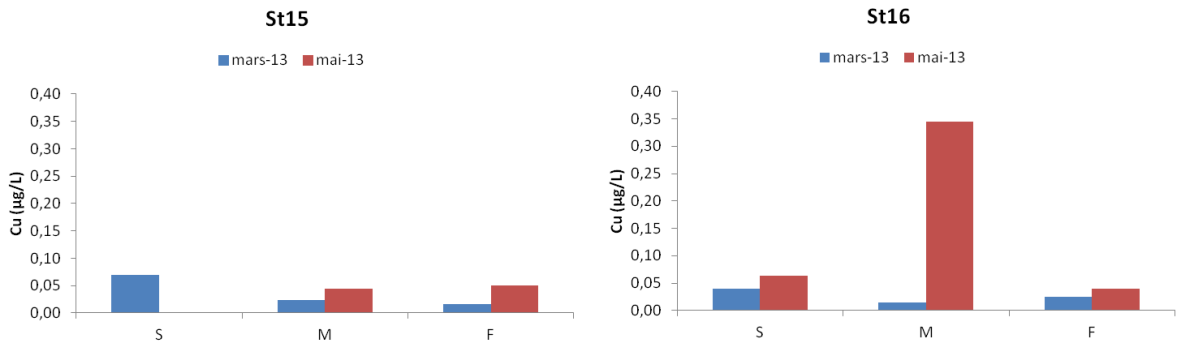


Figure 31 : Concentrations de cuivre mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

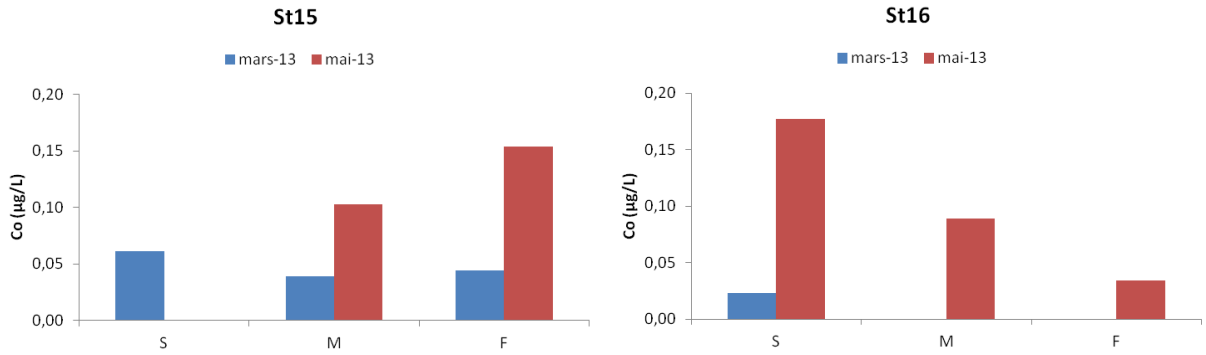


Figure 32 : Concentrations de cobalt mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

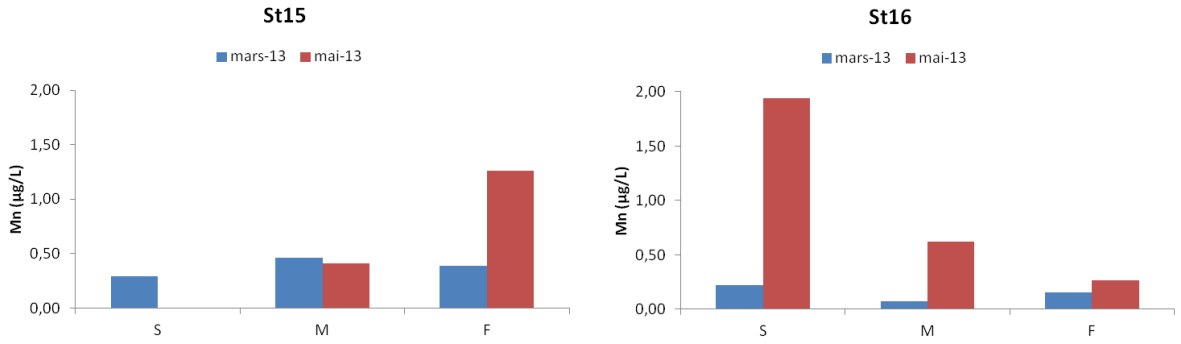


Figure 33 : Concentrations de manganèse mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

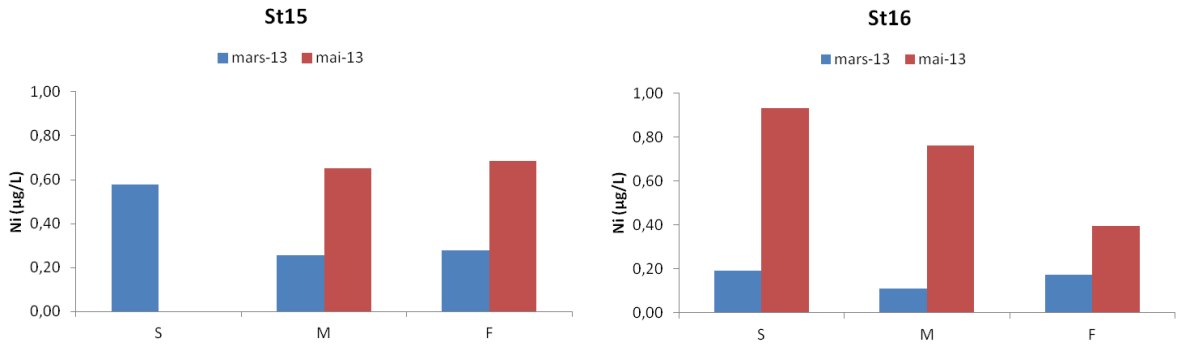


Figure 34 : Concentrations de nickel mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

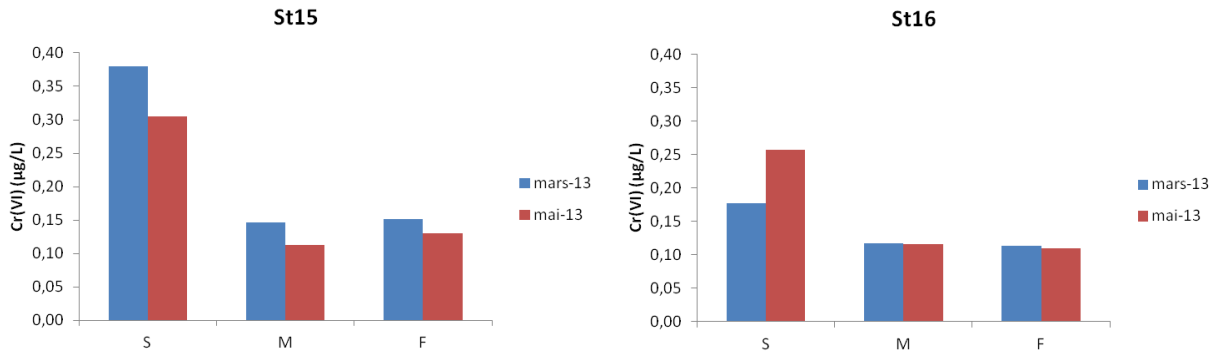


Figure 35 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

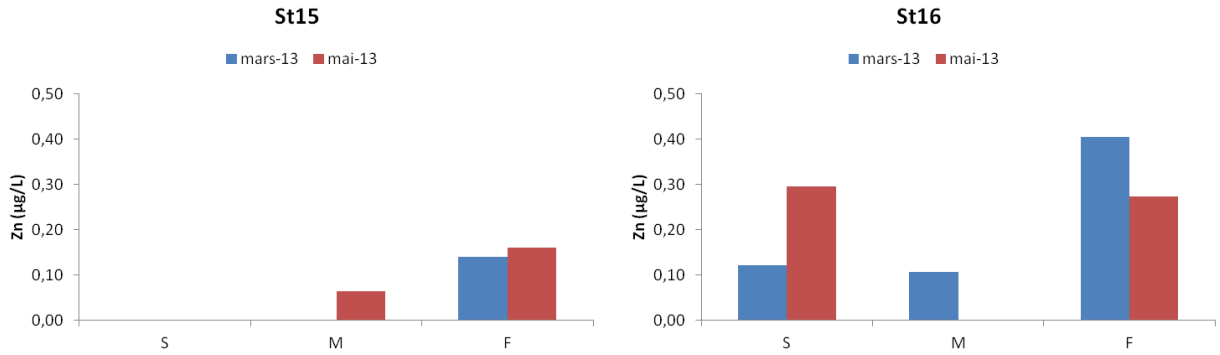


Figure 36 : Concentrations de zinc mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge).

Tableau 11 : Concentrations des métaux dissous mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars et mai 2013.

Campagne	Station	Niveau	As (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Mars 2013	St15	S	1,5	0,061	0,38	0,07	0,29	0,58	<LQ
	St15	M	1,7	0,039	0,15	0,02	0,46	0,25	<LQ
	St15	F	1,7	0,044	0,15	0,02	0,39	0,28	0,14
	St16	S	1,7	0,023	0,18	0,04	0,22	0,19	0,12
	St16	M	1,6	<LQ	0,12	0,02	0,07	0,11	0,11
	St16	F	1,7	<LQ	0,11	0,03	0,16	0,17	0,40
Mai 2013	St15	S	1,7	ND	0,30	ND	ND	ND	ND
	St15	M	1,8	0,10	0,11	0,05	0,41	0,65	0,06
	St15	F	1,9	0,15	0,13	0,05	1,26	0,68	0,16
	St16	S	1,6	0,18	0,26	0,06	1,94	0,93	0,30
	St16	M	1,8	0,09	0,12	0,35	0,62	0,76	ND
	St16	F	2,0	0,03	0,11	0,04	0,27	0,40	0,27

<LQ : valeur inférieure à la limite de quantification ; ND : valeur non déterminée.

Ce qu'il faut retenir :

Les concentrations des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cu, Mn et Ni se distribuent selon un gradient côte-large bien défini et également un gradient vertical décroissant avec la profondeur. Celles-ci permettent de mettre en évidence les stations influencées par les apports terrigènes (concentrations plus élevées) des rivières et celles influencées par les masses d'eaux océaniques. Ce même gradient, moins prononcé, est également observé au niveau des concentrations de Fe. Les concentrations d'As sont très homogènes dans la zone d'étude alors que celles de Zn sont distribuées de façon hétérogène.

Les concentrations des métaux dissous mesurées en 2013, ne montrent pas d'évolution particulière, entre les différentes « saison humide », à l'exception des concentrations de Cu ayant diminuées entre 2012 et 2013.

H. Hydrocarbures totaux (St15 et St16)

Lors de l'envoi des échantillons des stations St15 et St16 prélevés lors de la campagne semestrielle de mars 2013, les bouteilles se sont cassées. Ces bouteilles ayant été envoyées par l'OPT, les échantillons de la campagne trimestrielle de mai 2013 ont été envoyés par FEDEX pour un transfert plus sécurisé.

Les résultats d'analyse des hydrocarbures totaux des échantillons des stations St15 et St16 prélevés lors de la campagne trimestrielle sont tous inférieurs à la limite de quantification (<0,1 mg/L).

VI. SYNTHESE

Cette synthèse regroupe les concentrations des sels nutritifs et des métaux dissous mesurées aux stations St05 (ilot Kié), St06 (Baie Kwé), St09 et St15 (Prony Creek Baie Nord) dans la colonne d'eau pour les campagnes de suivi **« saison humide »** réalisées depuis mars 2007. Ces stations ont été sélectionnées car elles reflètent les deux différents types d'influences dénombrés dans la zone d'étude : influence terrigène des creeks de la Baie du Prony (St15) et de la Kwé (St06) et influence océanique du Canal de la Havannah (St05). La station St09, influencée par les apports océaniques du Canal de la Havannah, est la station la plus proche du diffuseur (influence industrielle).

Les conditions météorologiques, notamment les précipitations, ont une influence sur la physico-chimie des eaux et sur la concentration en métaux. Le cumul des précipitations avant (5 jours précédents) et pendant les campagnes a été reporté dans la Figure 37 et comparé avec les évolutions des sels nutritifs et métaux dissous.

Entre 2007 et 2013, la campagne de mars 2012 a été la plus pluvieuse avec 56,6 mm de précipitation cumulée pendant les 3 jours de campagne alors que la moins pluvieuse a été la campagne de mars 2011 avec seulement 2,4 mm de précipitation. En 2010, le cumul maximum des précipitations 5 jours avant la campagne a été mesuré en mars 2010 (57,2 mm). En 2009, il y a eu très peu de précipitations avant (2,2 mm) et pendant la campagne (4,2 mm).

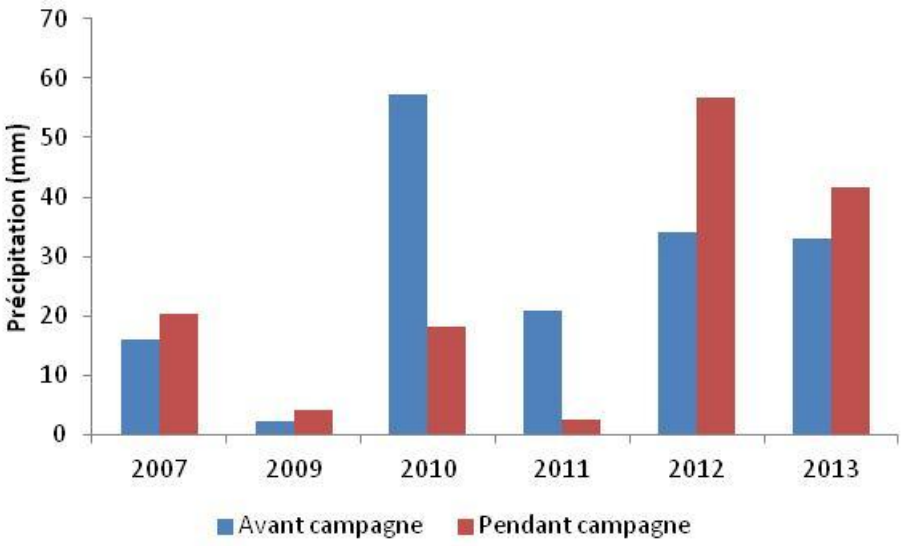


Figure 37 : Cumuls des précipitations avant (5 jours avant ; bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement « saison humide » de 2007 à 2013 ; station d'observation : « Prony pilot station ».

A. Distribution verticale des concentrations d'ammonium et de nitrates et nitrites aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15

Les concentrations de NH_4 et de NO_3+NO_2 des 4 stations étudiées évoluent différemment entre les campagnes de « saison humide ». Ces valeurs sont regroupées dans les Figure 40 et Figure 41.

STATION **ST05 (ILOT KIE)**

A la station St05, les concentrations en NH_4 semblent en diminution depuis mars 2010 où la concentration maximale a été mesurée en surface (0,29 µM). Les concentrations mesurées en mars 2013 sont environ 10 fois plus faibles que celles mesurées en mars 2010 (Figure 40). Les concentrations de NO_3+NO_2 ne montrent pas de tendance particulière. Cependant, 3 d'entre elles se distinguent pas leurs valeurs plus élevées que les autres ; la concentration de fond de mars 2009 s'élevant à 0,78 µM et celles de fond et mi-profondeur de mars 2011 s'élevant à 0,79 et 0,68 µM, respectivement. Les concentrations minimales de NO_3+NO_2 ont été mesurées lors des 2 dernières campagnes de 2012 et 2013 (Figure 41).

STATION **ST09 (CANAL DE LA HAVANNAH)**

A la station St09, les concentrations en NH_4 varient peu entre les campagnes (Figure 40). En 2009, les concentrations de NO_3+NO_2 ont atteint un maximum à 1,05 µM. Hormis cet épisode, celles-ci ne présentent pas d'évolution particulière entre les campagnes des saisons humides ; les concentrations ne dépassant pas 0,35 µM (Figure 41).

STATION **ST06 (BAIE KWE)**

A la station St06, les concentrations en NH_4 ne montrent pas de tendance particulière entre les campagnes. On peut cependant remarquer deux concentrations légèrement plus élevées que les autres mesurées en mi-profondeur en 2010 (0,27 µM) et au fond en 2012 (0,24 µM) (Figure 40). Les concentrations en NO_3+NO_2 sont relativement stables et ne dépassent pas 0,70 µM entre les campagnes, entre 2007 et 2012. Celles-ci n'ont pas été quantifiées en surface et mi-profondeur en mars 2012 alors qu'une concentration élevée a été mesurée en mars 2013 en surface (1,39 µM) ; celle-ci étant la concentration maximale de NO_3+NO_2 mesurée à cette station en saison humide depuis 2007 (Figure 41).

STATION **ST15 (CREEK DE LA RADE NORD)**

A la station St15, deux concentrations de NH_4 se démarquent par leurs valeurs plus élevées que les autres ; celles-ci ont été mesurées en profondeur lors des campagnes de 2010 (0,25 µM) et 2011 (0,29 µM). Les concentrations de NH_4 mesurées en mars 2012 et 2013 sont relativement similaires (Figure 40). Les concentrations de NO_3+NO_2 de cette station diffèrent entre les campagnes ; cette évolution ne semble pas être liée à la pluviométrie mesurée avant et pendant les campagnes. Une tendance à la diminution semble se dessiner (Figure 41).

Les concentrations de NH_4 et de NO_3+NO_2 mesurées aux 4 stations ne présentent pas de distribution verticale apparente et ne semblent pas corrélées à la pluviométrie.

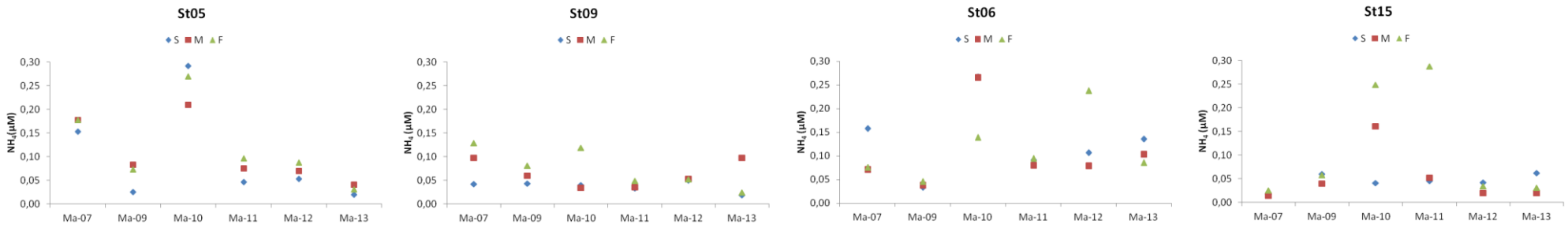


Figure 38 : Concentrations d'ammonium mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

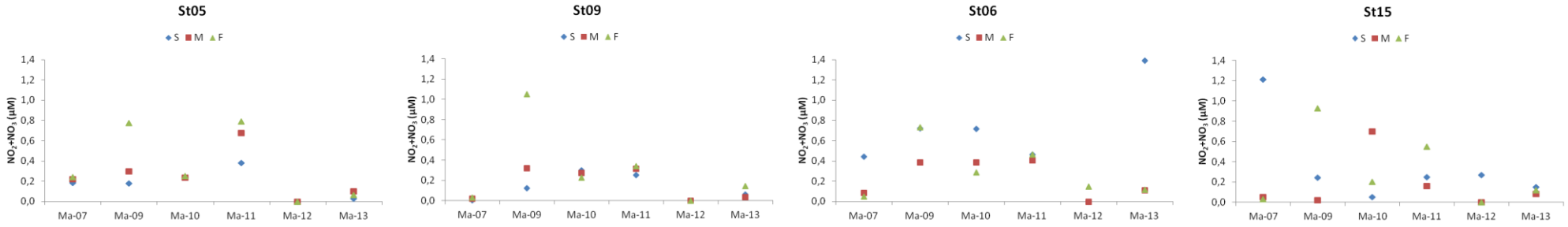


Figure 39 : Concentrations de nitrates+nitrites mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

B. Distribution verticale des concentrations de métaux dissous aux stations sentinelles St05, St06, St09 et St15

Les concentrations de Co, Cr(VI), Mn et Ni, métaux issus du cortège latéritique, des 4 stations étudiées évoluent différemment entre les campagnes de saison humide. Ces valeurs sont regroupées dans les Figure 42, Figure 43, Figure 44 et Figure 45.

STATION **ST06 (BAIE KWE)**

A la station St06, les concentrations en Co, Cr(VI), Mn et Ni montrent une certaine variabilité interannuelle, notamment au niveau des concentrations de surface ; deux valeurs de Ni exceptionnellement élevées ont été mesurées en 2009 (0,82 µg/L) et 2013 (0,73 µg/L). Les concentrations de Co, Mn et Ni sont majoritairement plus élevées en surface qu'en profondeur. La concentration de Cr(VI) maximale a été mesurée en surface en 2013 et s'élève à 0,35 µg/L (Figure 42 ; Figure 43 ; Figure 44 et Figure 45). Ces variations ne sont pas corrélées à la pluviométrie.

STATION **ST15 (CREEK DE LA RADE NORD)**

A la station St15, alors que les concentrations des métaux dans les eaux de mi-profondeur sont relativement stables, les concentrations en surface et au fond sont assez variables entre les campagnes (Figure 42 ; Figure 43 ; Figure 44 et Figure 45). Toutefois, les concentrations de Cr(VI) mesurées en profondeur sont quasiment similaires entre chaque campagne. En ce qui concerne les concentrations de Co, Mn et Ni dans les eaux de fond, celles-ci ne diffèrent pas ou très légèrement lors de toutes les campagnes, à l'exception de celle de mars 2011 présentant des concentrations plus élevées, particulièrement pour le Mn. En effet, pour ce dernier, la concentration de fond est multipliée par 4 et 12 par rapport aux valeurs de surface et de mi-profondeur, respectivement. En 2011, la présence d'un néphéloïde benthique bien développé sur les derniers mètres (2-3 NTU) (Convention AEL-LEA/Vale-NC N°C2445) explique l'augmentation de la concentration en particulier du manganèse mais aussi de deux autres métaux, Co et Ni. En surface, les concentrations de ces 4 métaux (Co, Cr(VI), Mn et Ni) sont généralement plus élevées que celles mesurées à mi-profondeur et fond. Les campagnes de 2010 et 2011 présentent des concentrations de surface plus élevées que celles mesurées lors des campagnes de 2007, 2009, 2012 et 2013. Entre les campagnes 2012 et 2013, les concentrations de surface de Cr(VI) et Ni ont légèrement augmenté alors que celle de Mn a diminué et celle de Co n'a pas varié.

STATION **ST05 (ILOT KIE)** ET STATION **ST09 (CANAL DE LA HAVANNAH)**

Aux stations St05 et St09**,** la distribution temporelle des concentrations des métaux est très homogène d'une campagne à l'autre ainsi que dans toute la colonne d'eau (Figure 42 ; Figure 43 ; Figure 44 et Figure 45). Les concentrations mesurées à ces stations, d'influence océanique, sont plus faibles que celles mesurées aux stations St06 et St15 d'influence terrigène.

Les variations des concentrations de Co, Cr(VI), Mn et Ni ne semblent pas corrélées à la pluviométrie.

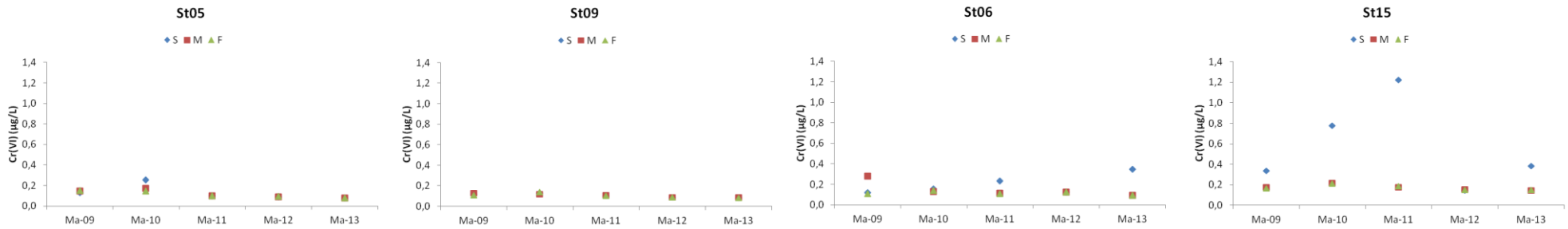


Figure 40 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

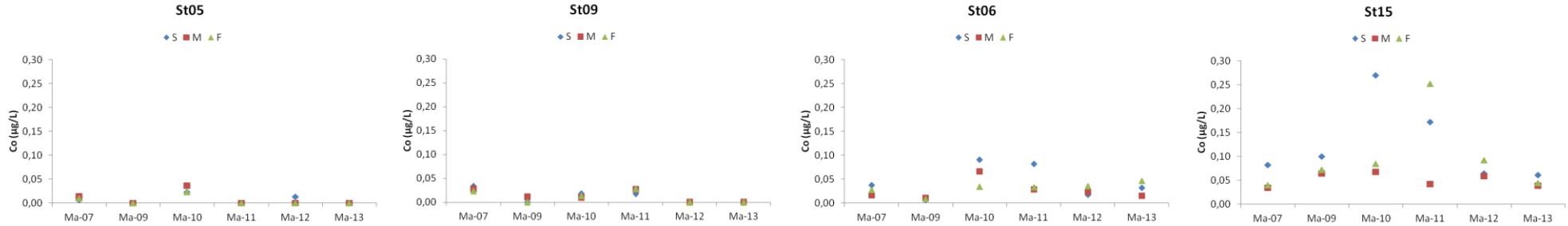


Figure 41 : Concentrations de cobalt mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

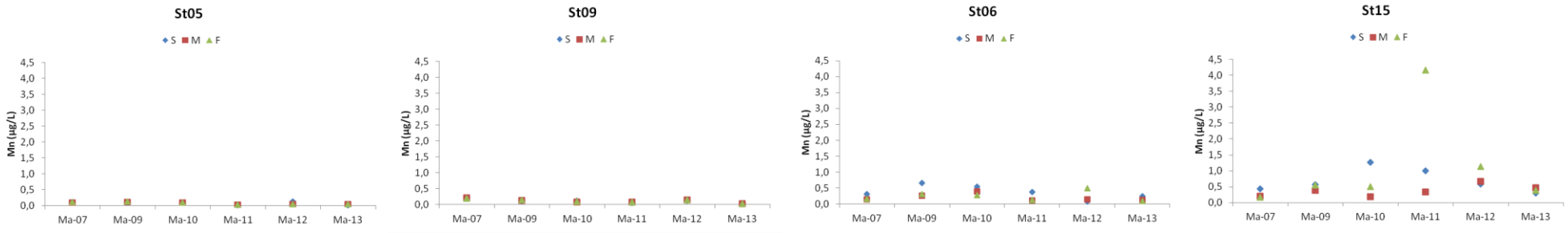


Figure 42 : Concentrations de manganèse mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

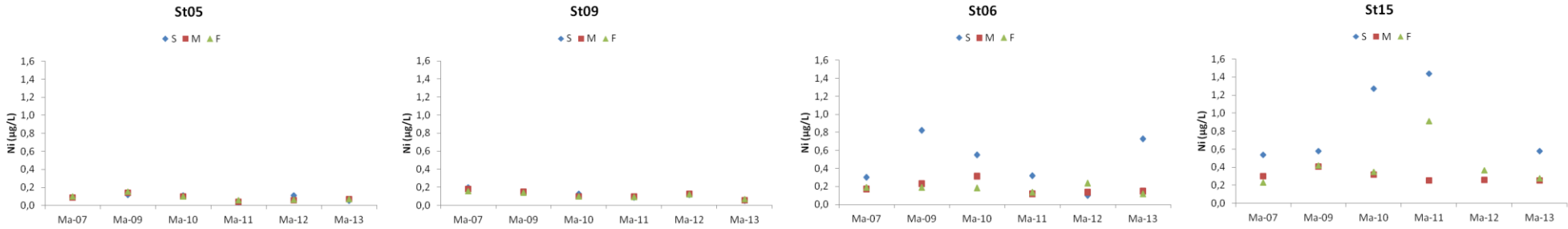


Figure 43 : Concentrations de nickel mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013).

VII. CONCLUSION

Les principales variations des paramètres physico-chimiques et des concentrations des métaux dissous observées en mars 2013 sont expliquées par le lessivage des sols des creeks adjacents. Ainsi, les concentrations des silicates, d'azote et phosphore particulaires et des métaux dissous tels que le Co, Cr(VI), Cu, Fe, Mn et Ni se distribuent selon un gradient côte-large plus ou moins bien défini selon les paramètres. Les concentrations de ces éléments sont plus élevées près des côtes et proviennent des apports terrigènes des rivières se déversant dans la Baie du Prony, la Baie Kwé et Port Boisé.

Les stations localisées directement à l'embouchure des rivières se déversant dans la Baie du Prony (St15) et la Baie Kwé (St06) sont les plus influencées par les apports terrigènes riches en sels nutritifs (silicates, nitrates et nitrites), matières organiques particulaires (NOP et POP) et métaux dissous (Cr(VI), Cu, Co, Fe, Mn et Ni). Lors de cette campagne, les concentrations de nitrates+nitrites, de silicates et de Cr(VI) mesurées en surface à la station St06 sont les concentrations maximales mesurées à cette station depuis 2007.

Hormis quelques variations (ex : Cu), les concentrations moyennes globales mesurées lors de cette campagne « saison humide » 2013 restent conformes à celles mesurées depuis 2007.

VIII. REFERENCES

Aminot A, Kérouel R (2004). Hydrologie des systèmes marins. Paramètres et Analyses. Ed. Ifremer, 336 p.

Atlas de Nouvelle-Calédonie et dépendances (1981). Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, 53p.

Fanning GO, Pilson MEQ (1973). On the spectrophotometric determination of dissolved silica in natural waters, Analytical Chemistry, 45: 136-140.

Fernandez JM, Moreton B, Gérard P, Dolbecq M, Belhandouz A (2007). Etat de référence : Qualité physico-chimique des eaux du Canal de la Havannah et de la Baie du Prony (saison humide). Convention n°1312.

Fernandez JM, Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Damien P (2010). Suivi environnemental 2009: Qualité physico-chimique et concentrations en métaux dissous des eaux. Convention n°C2284/E13517.

Fichez R, Adjeroud M, Bozec YM, Breau L, Chancerelle Y, Chevillon C, Douillet P, Fernandez JM, Frouin P, Kulbicki M, Moreton B, Ouillon S, Payri C, Perez T, Sasal P, Thébault J (2005). A review of selected indicators of particle, nutrient and metals inputs in coral reef lagoon systems, Aquatic Living Resources, 18: 125-147.

Holmes RM, Aminot A, Kérouel R, Bethanie A, Hooher A, Peterson BJ (1999). A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 56: 1801-1808.

Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Fernandez JM (2010). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2010). Convention n°C2445.

Le Grand H, Dolbecq M, Moreton B, Goyaud A, Malet A, Fernadez JM (2010). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (août 2010). Convention n°C2445.

Le Grand H, Dolbecq M, Kerbrat AS, Moreton B, Goyaud A, Haddad L, Creuzil J, Fernandez JM (2011). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2011). Convention n°C2445.

Le Grand H, Moreton B, Dolbecq M, Haddad L, Roupsard F, Douchin C, Dubuc A, Creuzil J, Fernandez JM (2011). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison sèche (août 2011). Convention n°C2445.

Le Grand H, Roupsard F, Creuzil J, Moreton B, Kumar-Roiné S, Fernadez JM (2012). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison humide (mars 2012). Convention n°C2445.

Le Grand H, Moreton M, Hulliger M, Roupsard F, Kumar-Roiné S, Fernandez JM (2012). Suivi environnemental colonne d'eau 2010-2012 : Qualité physico-chimique des eaux et concentrations en métaux dissous. Suivi saison sèche (août 2012). Convention n°C2445.

Lorenzen CJ (1966). A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration, Deep Sea Research, 13: 223-227.

Mullin JB, Riley JP (1955). The colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters, Analytica Chimica Acta, 12: 162-176.

Murphy J, Riley JP, (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, Analytica Chimica Acta, 27: 31-36.

Oudot C, Montel Y (1988). A high sensitivity method for the determination of nanomolar concentrations of nitrate and nitrite in seawater with a Technicon Autoanalyzer II, Marine Chemistry, 24: 239-252.

Strickland JDH, Parsons TR (1972). A practical handbook of sea water analysis, Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 167: 207-211.

IX. LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie. 9

Figure 2 : Hauteur des précipitations enregistrée 5 jours précédant la campagne (bleu) et pendant la campagne de prélèvement semestrielle (jaune) de mars 2013. 11

Figure 3 : Hauteur des précipitations enregistrée 5 jours précédant la campagne (bleu) et pendant la campagne de prélèvement semestrielle de mai 2013 (14/05/13). 11

Figure 4 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne semestrielle de mars 2013. 12

Figure 5 : Chronologie des prélèvements reportée sur le marégramme de la campagne trimestrielle de mai 2013. 12

Figure 6 : Concentration des MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle (mars 2013)..... 16

Figure 7 : Concentrations de MES déterminées aux stations St15 et St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013 ; bleu) et trimestrielle (mai 2013 ; rouge). 17

Figure 8 : Profils de température des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 20

Figure 9 : Profils de fluorescence des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 21

Figure 10 : Profils de turbidité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 22

Figure 11 : Profils de salinité des 14 stations échantillonnées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 23

Figure 12 : Profils de température, fluorescence, turbidité et salinité des deux stations échantillonnées dans la Baie du Prony (St15 et St16) lors de la campagne trimestrielle de mai 2013. 24

Figure 13 : Concentration de nitrates et nitrites dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 26

Figure 14 : Concentration d'ammonium dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 27

Figure 15 : Concentration de phosphates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 28

Figure 16 : Concentration de silicates dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 29

Figure 17 : Concentration d'azote organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 30

Figure 18 : Concentration de phosphore organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 31

Figure 19 : Concentration d'azote organique particulaire dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 32

Figure 20 : Concentration de phosphore organique dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 32

Figure 21 : Concentration de carbone organique particulaire dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 33

Figure 22 : Concentration de chlorophylle *a* dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 35

Figure 23 : Concentration de phéopigments dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 35

Figure 24 : Concentration d'arsenic dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 38

Figure 25 : Concentration de cobalt dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 39

Figure 28 : Concentration de nickel dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 40

Figure 29 : Concentration de fer dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 41

Figure 30 : Concentration de cuivre dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 41

Figure 31 : Concentration de zinc dissous dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013. 42

Figure 32 : Concentrations d'arsenic mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). 43

Figure 33 : Concentrations de cuivre mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). 44

Figure 34 : Concentrations de cobalt mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). 44

Figure 35 : Concentrations de manganèse mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). 44

Figure 36 : Concentrations de nickel mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). 44

Figure 37 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge). 45

Figure 38 : Concentrations de zinc mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars 2013 (bleu) et mai 2013 (rouge)..... 45

Figure 39 : Cumuls des précipitations avant (5 jours avant ; bleu) et pendant (rouge) les campagnes de prélèvement « saison humide » de 2007 à 2013 ; station d'observation : « Prony pilot station ». 47

Figure 40 : Concentrations d'ammonium mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). 49

Figure 41 : Concentrations de nitrates+nitrites mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013)..... 49

Figure 42 : Concentrations de chrome hexavalent mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013)..... 51

Figure 43 : Concentrations de cobalt mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). 51

Figure 44 : Concentrations de manganèse mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). 52

Figure 45 : Concentrations de nickel mesurées en surface (S), mi-profondeur (M) et fond (F) aux stations St05, St09, St06 et St15 lors des campagnes « saison humide » (2007 à 2013). 52

X. LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste et location des stations de prélèvement du suivi physico-chimique de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie. 10

Tableau 2 : Valeurs du pH et concentrations des éléments majeurs dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type)..... 14

Tableau 3 : Valeurs du pH et concentrations des ions magnésium et sulfates aux stations St15 et St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013) et trimestrielle (mai 2013). 15

Tableau 4 : Concentrations des carbonates à la station St16 lors des campagnes semestrielle (mars 2013) et trimestrielle (mai 2013). 15

Tableau 5 : Concentrations de MES dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type). 17

Tableau 6 : Valeurs de la température, fluorescence, turbidité et salinité enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type)..... 18

Tableau 7 : Concentrations des sels nutritifs (NO_2+NO_3, NH_4, PO_4 et SiO_4) enregistrées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (minimum, maximum et moyenne ± écart-type)..... 29

Tableau 8 : Concentrations de la matière organique dissoute (azote et phosphore), particulaire (azote, carbone et phosphore) et totale (azote et phosphore) mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type). 33

Tableau 9 : Concentrations de chlorophylle *a* et phéopigments mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type)..... 36

Tableau 10 : Concentrations des métaux dissous mesurées dans la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 (min : minimum ; max : maximum ; moy : moyenne ± écart-type). 42

Tableau 11 : Concentrations des métaux dissous mesurées aux stations St15 et St16 lors des campagnes de mars et mai 2013. 45

XI. ANNEXES

Annexe 1 : Méthodologie

Annexe 2 : Concentrations des éléments majeurs, du pH et de la charge en MES

Annexe 3 : Concentrations des sels nutritifs

Annexe 4 : Concentrations de la matière organique dissoute, particulaire et totale

Annexe 5 : Concentrations de la chlorophylle *a* et des phéopigments

Annexe 6 : Concentrations des métaux dissous dans la colonne d'eau

Annexe 7 : Compilation des concentrations de sels nutritifs des campagnes « saison humide » de 2007 à 2013

Annexe 8 : Compilation des concentrations de matière organique dissoute et particulaire des campagnes « saison humide » de 2007 à 2013

Annexe 9 : Compilation des concentrations de pigments chlorophylliens des campagnes « saison humide » de 2007 à 2013

Annexe 10 : Compilation des concentrations de métaux dissous des campagnes « saison humide » de 2007 à 2013

ANNEXE 1

METHODOLOGIE

Structures des masses d'eau

La structuration verticale des masses d'eau sur chacune des stations échantillonnées a été obtenue grâce aux profils verticaux réalisés avec une sonde CTD SBE19 équipée de capteurs additionnels. La fréquence d'acquisition des données étant de 0,5 secondes et la vitesse de descente d'environ 0,5 m/s, une série d'acquisition est générée tous les 25 cm environ.

Les paramètres de la sonde CTD et leurs spécifications sont les suivants (Tableau 1) :

- La pression, qui permet de calculer la profondeur ;
- La salinité, déduite de la mesure de la conductivité ;
- La température (°C) ;
- La turbidité par mesure de la néphélométrie exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ;
- La fluorescence *in-vivo*, exprimée en mg/m^3, permet d'estimer la concentration en pigments chlorophylliens (capteurs Wet labs).

Tableau 1 : Spécifications des paramètres de la sonde.

Paramètres	Gamme	Précision initiale	Résolution
Conductivité (S.m^{-1})	0 - 9	0,0005	0,0007
Température (°C)	-5 à +35	0,005	0,0001
Pression (db)	0 - 350	0,35	0,007
Turbidité (NTU)	0 - 25	NA*	0,01
Fluorescence (mg/m^3)	0 - 50	NA*	0,025

Eléments majeurs, MES et pH

Un sous-échantillonnage à partir des prélèvements en bouteilles Niskin® a été effectué pour :

- Les dosages des ions calcium (Ca^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+) et magnésium (Mg^{2+}) : après dilution, les concentrations ont été déterminées par analyse directe à l'ICP-OES (Spectrométrie d'émission optique couplée à une torche plasma, marque Varian, modèle 730 ES) ;
- les dosages des chlorures (Cl^-) et des sulfates (SO_4^{2-}) ont été réalisés par chromatographie ionique capillaire (Waters, CIA) ;
- la mesure du pH (pHmètre WTW) ;
- l'évaluation de charge en MES (Matière en Suspension). Celle-ci a été obtenue après filtration d'un volume connu d'échantillon et la pesée du filtre (Nucleopore® de 0,45 µm de porosité).

Le flaconnage utilisé pour le stockage des prélèvements d'eau est en PEHD et les échantillons sont conservés à 4 °C jusqu'à leur analyse de retour au laboratoire.

Sels nutritifs

Les échantillons d'eau nécessaires aux différentes déterminations analytiques ont été directement conditionnés à bord du « Slavco » dans du flaconnage soit en :

- Verre borosilicaté avec addition de réactif pour le dosage quotidien (dans les 6 heures qui suivent le prélèvement) de l'ammonium (NH_4). Chaque niveau échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;

- PEHD et stockage en vue de leur traitement ultérieur au laboratoire de AEL. Les échantillons destinés aux dosages de nitrates+nitrites (NO_3 + NO_2) et de phosphates (PO_4) sont traités au chlorure de mercure dès retour à la terre et conservés à la température ambiante jusqu'à l'analyse. Les échantillons destinés aux dosages de l'azote organique dissous (NOD) et le phosphore organique dissous (POD) sont congelés à -20°C. Chaque niveau de profondeur échantillonné a fait l'objet d'un triplicat ;
- PEHD ambrés et sont filtré sur des filtres Whatman® GF/F (porosité 0,7 µm) le jour même du prélèvement. La conservation de ces filtres a été assurée par congélation à -20 °C jusqu'à dosage ultérieur au laboratoire de AEL. Ces dosages concernent l'azote organique particulaire et le phosphore organique particulaire.

Nitrates + Nitrites

L'ion nitrate (NO_3) est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Compte tenu des faibles concentrations océaniques et des interférences possibles, la méthode retenue pour le dosage des nitrates est celle fondée sur le dosage des ions nitrites (NO_2) obtenu par réduction des ions nitrates. Cette méthode conduit à une mesure de la somme des concentrations nitrites+nitrates (NO_3 + NO_2) par photométrie (Oudot & Montel, 1988), le dosage des ions nitrites est obtenu directement. Cependant, les concentrations en nitrites dans les eaux de surfaces restent très faibles. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 0,025 et 1 µM avec des limites de quantification d'environ 0,02 µM.

Ammonium

En solution, l'azote ammoniacal est présent sous forme d'ammoniac NH_3 et d'ion ammonium NH_4^+, ce dernier étant prépondérant dans le milieu marin. Dans les régions tropicales, les teneurs sont généralement très faibles de l'ordre de quelques dizaines de nanomoles et la méthode décrite par Holmes *et al.* (1999) est la plus adaptée. Il s'agit d'une méthode manuelle basée sur le principe d'une mesure fluorométrique qui permet de doser des quantités sub-micromolaires d'ammonium. Les proportions de réactifs ont été déterminées pour des concentrations maximales d'ammonium de 3 µM, la limite de quantification de la méthode est de 1,5 nM.

Phosphates

Le dosage des orthophosphates (PO_4) a été effectué selon la méthode de Murphy & Riley (1962) basée sur la formation en milieu acide (pH<1) de phosphomolybdate d'ammonium dont le réducteur donne un complexe de couleur bleue dosable par photométrie. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 0,025 et 0,75 µM avec des limites de quantification d'environ 0,01 µM.

Silicates

La méthode qui sert de référence est celle de Mullin and Riley 1955, modifiée par Fanning & Pilson (1973). Le dosage colorimétrique est fondé sur la formation d'un complexe silicomolybdique qui, après réduction donne une coloration bleue intense. Le domaine de concentrations mesurables s'étend de 0 à 140 µM, la limite de quantification est de 0,05 µM et l'intervalle de confiance de 98,5 % sur une gamme de 0 à 10 µM de Si.

Matière organique

Azote et phosphore organiques dissous

Le dosage de la matière organique ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) par oxydation et les composés inorganiques produits sont alors dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les nitrates+nitrites et les phosphates. Pour l'azote organique dissous, le domaine de concentrations mesurées est inférieur à 40 µM et la limite de détection est de 0,130 µM. Pour le phosphore

organique dissous, le domaine de concentrations mesurées est inférieure à 7 µM et la limite de quantification est de 0,010 µM. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbbe, modèle Autoanalyseur III.

Les valeurs brutes obtenues correspondent à la concentration de matière organique totale. Les valeurs de la matière organique dissoute sont alors calculées par la différence entre les valeurs de matière organique totale et celles de forme minérale et particulaire.

Azote et phosphore organiques particulaires

La charge organique particulaire est déterminée sur des échantillons d'eau collectés à bord du « Slavco » puis filtrés au laboratoire sur des filtres Whatman GF/F (porosité 0,7 µm). Leur conservation est effectuée par congélation à -20°C jusqu'à l'analyse.

Le dosage de la matière organique particulaire ne peut s'effectuer directement. Celle-ci est d'abord dégradée (minéralisée) par oxydation et les composés inorganiques qui sont produits peuvent alors être dosés selon les méthodes précédemment décrites pour les nitrates+nitrites et les phosphates. La méthode d'oxydation par voie humide utilisée (Raimbault et al., 1990) est simple et rapide à mettre en œuvre. Les mesures ont été effectuées avec un auto-analyseur en flux continu Bran & Luegbbe, modèle Autoanalyseur III. Cette méthode permet de couvrir une gamme d'analyse comprise entre 1 et 40 µM avec des limites de quantification de 0,13 µM pour l'azote organique particulaire et entre 0,75 et 7 µM avec des limites de quantification de 0,010 µM pour le phosphore organique particulaire.

Les valeurs de la matière organique particulaire sont alors calculées de la façon suivante :

$[NOP] = [NO_3 + NO_2]_t \times V_1/V_2$
$[POP] = [PO_4]_t \times V_1/V_2$

Soit :

- [NOP] et [POP] = les concentrations respectives en azote et phosphate particulaires ;
- $[NO_3 + NO_2]_t$ et $[PO_4]_t$ = les concentrations respectives en nitrates+nitrites et phosphates mesurées après oxydation au persulfate ;
- V_1 = le volume d'eau milli-Q utilisé lors de l'oxydation au persulfate (mL) ; V_2 le volume d'eau de mer filtré (mL).

Carbone organique particulaire

L'analyse des filtres a été conduite sur un analyseur CHN selon le principe de la combustion de la matière organique par l'oxygène, suivi d'un dosage du dioxyde de carbone et de l'azote formés. Cette analyse a été effectuée par le laboratoire des moyens analytiques de l'IRD de Dakar.

Pigments chlorophylliens

La concentration de pigments chlorophylliens est déterminée sur des échantillons d'eau collectés à bord du « Slavco » puis filtrés au laboratoire sur des filtres Whatman GF/F (porosité 0,7 µm). Leur conservation est effectuée par congélation à -20°C jusqu'à l'analyse.

Les dosages ont été effectués par la méthode fluorométrique de Lorenzen (1966) qui présente une très grande sensibilité. Les pigments chlorophylliens sont extraits du filtre par un solvant organique, leur détection s'effectue, après excitation dans un faisceau lumineux à 450 nm, par mesure de la fluorescence émise à 670 nm (ce principe est identique à celui utilisé par le capteur de fluorescence *in-situ* équipant la sonde multiparamètrique SBE 19). Sur chaque extrait, la mesure de fluorescence est effectuée deux fois, avant et après acidification. L'écart de fluorescence observé entre ces deux lectures est en relation avec le pourcentage relatif de chlorophylle *a* par rapport à la somme chlorophylle *a* + Phéophytine *a*. Etant données les interférences dues aux chlorophylles *b* et *c*, la précision des mesures dépend de la nature même des

communautés de producteurs primaires. La limite de quantification pour le matériel utilisé (Turner design 700) est de 10 ng/L.

Analyse des métaux dissous dans la colonne d'eau

Conditionnement et analyse

Pour chacune des 14 stations de la campagne semestrielle (« saison humide »), les trois profondeurs (surface, mi-profondeur et fond) ont été prélevées en triple :

- Les 42 échantillons du premier lot ont été filtrés en ligne à 0,45 µm (filtres Millipore®, qualité HA, pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons sont destinés aux analyses des éléments Cr(total)/Cr(VI) effectuées par électrochimie (Voltampérométrie) au laboratoire de AEL ;
- Les 42 échantillons du deuxième lot ont été filtrés en ligne à 0,45 µm (filtres Millipore®, qualité HA, pré-lavés) le jour même des prélèvements. Ces échantillons ont été envoyés au laboratoire ALS (Australie) pour l'analyse des éléments dissous As, Cd et Pb par ICP-MS ;
- Les 42 échantillons du troisième lot ont été directement filtrés à 0,45 µm en ligne (filtres Millipore®, qualité HA, pré-lavés) puis passés sur les résines cationiques OnGuard II M afin de concentrer les métaux dissous le jour même du prélèvement. Les percolations terminées, chaque colonne de résine a été bouchée à chaque extrémité avec des bouchons (Luer®) puis stockée dans un portoir fermé hermétiquement. De retour au laboratoire, les métaux ont été élués de la résine par lavage des colonnes à l'acide nitrique (2M). L'analyse des éléments dissous Co, Fe, Mn, Ni et Zn a ensuite été effectués par ICP-OES (Marque Varian, modèle Vista).

Les limites de quantification des métaux dissous sont regroupées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Limite de quantification des métaux dissous.

Elément	LQ (µg/L)
As	0,500
Cd	0,200
Co	0,012
Cr(VI)	0,030
Cu	0,015
Fe	0,011
Mn	0,011
Ni	0,012
Pb	0,200
Zn	0,015

Validation de la méthode de percolation et de l'analyse des métaux dissous (Co, Fe, Mn, Ni et Zn)

Un échantillon certifié pour le dosage des éléments traces (TMDA-61) délivrés par la société *Environment Canada* a été intercalé dans chaque série d'analyses pour valider les calibrations (Tableau 3).

La validation des résultats d'analyse a été vérifiée par le dosage d'un échantillon certifié d'eau de mer : CASS-5 (Tableau 4).

Tableau 3 : Résultats d'analyse de l'échantillon certifié TMDA-61.

	TMDA-61 (µg/L)	
Elément	**Valeur déterminée**	**Valeur certifiée**
Co	72,0 ± 0,7	62,9 ± 5,8
Cu	73,1 ± 0,3	69,2 ± 7,4
Fe	87,5 ± 0,8	81,1 ± 10,1
Mn	82,2 ± 0,5	74,8 ± 7,3
Ni	68,2 ± 1,0	58,7 ± 6,4
Zn	87,1 ± 7,0	71,3 ± 8,7

Tableau 4 : Résultats d'analyses de l'échantillon de référence CASS-5 (09/10/12).

CASS-5 (n=3)	Co (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Zn (µg/L)
Conc. obtenue	**0,104**	**1,07**	**2,48**	**0,279**	**0,772**
Ecart-type +/-	**0,006**	**0,13**	**0,25**	**0,006**	**0,167**
Conc. Certifié	0,095	1,44	2,62	0,330	0,719
Ecart-type +/-		0,11	0,2	0,023	0,068

ANNEXE 2

CONCENTRATIONS DES ELEMENTS MAJEURS, DU pH ET DE LA CHARGE EN MES

Concentrations des éléments majeurs (Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+}, Na^{+}, Cl^{-} et SO_4^{2-}), du pH et de la MES des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m.

Station	Niveau	Ca^{2+} (mg/L)	K^{+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	pH	MES (mg/L)
St02	S	511	395	1504	15442	18862	2405	8,23	0,82
St02	M	514	398	1516	15156	18693	2328	8,23	0,56
St02	F	499	388	1470	15346	18419	2328	8,19	0,75
St03	S	525	412	1561	14733	18401	2338	8,26	0,36
St03	M	509	393	1500	15167	19022	2429	8,26	0,48
St03	F	522	405	1543	14961	18712	2372	8,26	0,43
St05	S	504	391	1486	15335	19162	2440	8,25	0,93
St05	M	506	392	1496	15538	17780	2259	8,25	0,57
St05	F	510	396	1506	15018	16680	2025	8,25	0,89
St06	S	492	379	1449	14449	17606	2136	8,21	0,71
St06	M	528	411	1575	15303	17829	2127	8,20	0,66
St06	F	522	404	1556	14864	17856	2129	8,17	0,94
St07	S	512	397	1521	15273	17975	2338	8,27	0,55
St07	M	511	402	1541	15408	17950	2288	8,27	0,59
St07	F	522	417	1596	15078	17958	2299	8,27	0,62
St09	S	531	416	1598	15078	18130	2328	8,26	1,43
St09	M	534	419	1600	15057	17840	2157	8,27	0,56
St09	F	521	411	1577	14921	18127	2217	8,27	0,35
St13	S	529	412	1583	15013	17892	2160	8,20	0,84
St13	M	531	427	1631	14791	19365	2413	8,23	1,26
St13	F	517	407	1550	15046	18392	2401	8,23	1,10
St14	S	505	393	1498	14564	19077	2484	8,23	2,18
St14	M	529	412	1582	14654	18960	2524	8,24	1,04
St14	F	517	402	1538	14685	18125	2339	8,26	1,20
St15	S	498	384	1479	14339	17943	2264	8,23	1,05
St15	M	524	414	1594	14772	18109	2205	8,22	0,73
St15	F	517	411	1583	14931	18104	2077	8,21	1,02
St16	S	521	413	1577	15041	18055	2122	8,23	2,31
St16	M	528	424	1620	15114	17795	2087	8,24	0,75
St16	F	525	411	1572	14825	17283	1896	8,24	0,45
St18	S	510	393	1523	14425	17258	1946	8,24	0,39
St18	M	512	400	1531	14901	17433	2131	8,24	0,76
St18	F	527	410	1581	14763	17391	2031	8,23	0,57
St19	S	528	415	1594	14807	17483	2071	8,24	1,08
St19	M	514	398	1534	14874	17505	2042	8,25	0,76
St19	F	519	405	1553	14674	17868	2145	8,24	6,59
St20	S	511	397	1523	14841	17579	1987	8,23	3,65
St20	M	530	415	1594	14937	17681	2043	8,23	2,46
St20	F	525	408	1577	14842	17500	2001	8,25	0,82
St21	S	535	448	1716	14773	13143	1305	8,26	0,92
St21	M	503	394	1513	14955	13322	1411	8,27	1,05
St21	F	464	351	1358	13595	17334	1948	8,27	1,16

ANNEXE 3

CONCENTRATIONS DES SELS NUTRITIFS

Concentrations moyennes (n=3) des sels nutritifs (NO_3+NO_2, NH_4, PO_4, SiO_4) des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; <LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification ; ND = Valeur non déterminée.

Station	Niveau	NO_3+NO_2 (µM)	NH_4 (µM)	PO_4 (µM)	Si (µM)
St02	S	0,045 ± 0,001	0,043 ± 0,019	0,040 ± 0,001	0,92 ± 0,07
St02	M	0,052 (n=1)	0,026 ± 0,014	0,045 ± 0,008	0,80 ± 0,01
St02	F	0,080 ± 0,003	0,029 ± 0,011	0,035 ± 0,001	0,91 ± 0,13
St03	S	0,033 ± 0,029	0,022 ± 0,004	0,023 ± 0,001	4,96 ± 0,03
St03	M	0,027 (n=1)	0,084 ± 0,041	0,022 ± 0,003	1,56 ± 0,06
St03	F	0,041 (n=1)	0,074 ± 0,014	0,015 ± 0,004	1,40 ± 0,12
St05	S	0,055 (n=1)	0,020 ± 0,001	0,051 ± 0,008	0,81 ± 0,08
St05	M	0,103 ± 0,021	0,040 ± 0,012	0,046 (n=1)	0,83 ± 0,06
St05	F	0,069 ± 0,008	0,031 ± 0,005	0,046 ± 0,013	0,74 ± 0,02
St06	S	1,393 ± 0,036	0,135 ± 0,013	0,012 ± 0,005	12,34 ± 0,23
St06	M	0,111 ± 0,013	0,103 ± 0,006	0,035 ± 0,005	1,26 ± 0,08
St06	F	0,118 ± 0,018	0,086 ± 0,004	0,038 ± 0,002	1,14 ± 0,06
St07	S	0,033 ± 0,023	0,135 ± 0,055	<LQ	1,10 ± 0,12
St07	M	0,025 ± 0,022	0,036 ± 0,006	0,012 ± 0,006	1,11 ± 0,18
St07	F	<LQ	0,049 ± 0,010	0,017 ± 0,006	1,07 ± 0,16
St09	S	0,060 ± 0,012	0,019 ± 0,005	<LQ	1,06 ± 0,28
St09	M	0,034 ± 0,021	0,097 ± 0,121	0,017 ± 0,010	0,81 ± 0,03
St09	F	0,142 (n=1)	0,024 ± 0,005	0,022 ±	0,87 ± 0,04
St13	S	0,065 ± 0,024	0,157 ± 0,020	0,031 ± 0,002	1,21 ± 0,07
St13	M	0,154 ± 0,028	0,223 ± 0,126	0,023 ± 0,008	1,40 ± 0,06
St13	F	0,465 ± 0,008	0,246 ± 0,072	0,038 ± 0,006	1,39 ± 0,06
St14	S	0,053 ± 0,027	0,044 ± 0,023	0,030 ± 0,008	2,64 ± 0,01
St14	M	0,201 ± 0,035	0,079 ± 0,010	ND	1,26 ± 0,16
St14	F	0,143 ± 0,002	0,081 ± 0,006	0,020 ± 0,010	1,47 ± 0,09
St15	S	0,148 ± 0,001	0,062 ± 0,010	<LQ	12,96 ± 0,22
St15	M	0,084 ± 0,004	0,020 ± 0,008	0,040 ± 0,011	1,34 ± 0,03
St15	F	0,119 ± 0,009	0,031 ± 0,012	0,047 ± 0,004	1,58 ± 0,10
St16	S	0,038 ± 0,003	0,014 ± 0,005	<LQ	1,27 ± 0,10
St16	M	0,049 ± 0,016	0,068 ± 0,058	0,030 ± 0,012	1,19 ± 0,09
St16	F	0,068 ± 0,013	0,022 ± 0,009	0,050 ± 0,005	1,35 ± 0,21
St18	S	0,022 ± 0,001	0,041 ± 0,011	<LQ	3,85 ± 0,27
St18	M	<LQ	0,073 ± 0,049	0,049 ± 0,005	1,45 ± 0,10
St18	F	<LQ	0,022 ± 0,005	0,031 ± 0,003	1,32 ± 0,05
St19	S	0,033 ± 0,003	0,018 ± 0,003	0,063 ± 0,013	2,50 ± 0,13
St19	M	ND	0,021 ± 0,009	0,026 ± 0,001	1,63 ± 0,13
St19	F	0,066 ± 0,006	0,041 ± 0,004	0,031 ± 0,006	1,69 ± 0,11
St20	S	0,084 ± 0,009	0,026 ± 0,008	0,032 ± 0,010	1,47 ± 0,20
St20	M	0,035 ± 0,008	0,036 ± 0,005	0,033 ± 0,008	1,37 ± 0,12
St20	F	<LQ	0,022 ± 0,002	0,022 ± 0,001	1,31 ± 0,04
St21	S	<LQ	0,058 ± 0,009	0,039 ± 0,008	1,04 ± 0,01
St21	M	0,263 ± 0,038	0,056 ± 0,001	0,039 ± 0,010	1,12 ± 0,07
St21	F	0,211 ± 0,023	0,066 ± 0,006	0,035 ± 0,006	1,16 ± 0,11

ANNEXE 4

CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE DISSOUTE, PARTICULAIRE ET TOTALE

Concentrations de l'azote et du phosphore organiques dissous (NOD et POD), de l'azote, du carbone et du phosphore organiques particulaires (NOP, COP et POP) et de l'azote et phosphore total (NT et PT) des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; ND = Valeur non déterminée.

Station	Niveau	NOD (µM)	POD (µM)	NOP (µM)	COP (µM)	POP (µM)	N Total (µM)	P Total (µM)
St02	S	3,75	0,19	0,62	12,96	0,06	4,45 ± 0,61	0,29 ± 0,02
St02	M	3,74	0,22	0,69	9,98	0,06	4,51 ± 0,24	0,32 ± 0,04
St02	F	3,85	0,24	0,61	13,13	0,05	4,58 ± 0,36	0,32 ± 0,03
St03	S	3,74	0,14	1,16	9,71	0,12	4,95 ± 0,83	0,28 ± 0,03
St03	M	3,26	0,18	0,78	11,35	0,09	4,15 ± 0,54	0,30 ± 0,02
St03	F	3,45	0,25	0,85	11,85	0,07	4,41 ± 0,42	0,24 ± 0,02
St05	S	3,97	0,19	0,86	9,95	0,09	4,91 ± 0,79	0,33 ± 0,01
St05	M	3,34	0,17	0,93	14,57	0,07	4,42 ± 0,23	0,29 ± 0,02
St05	F	3,94	0,20	0,68	10,01	0,07	4,73 ± 0,26	0,32 ± 0,01
St06	S	3,66	0,15	1,05	10,55	0,09	6,23 ± 0,46	0,25 ± 0,01
St06	M	3,66	0,13	0,97	10,60	0,08	4,84 ± 0,11	0,24 ± 0,04
St06	F	4,27	0,17	0,61	12,22	0,06	5,09 ± 0,66	0,27 ± 0,02
St07	S	4,72	0,33	0,87	12,99	0,06	5,75 ± 0,21	0,39 ± 0,03
St07	M	4,08	0,28	0,77	11,09	0,06	4,92 ± 0,33	0,36 ± 0,02
St07	F	3,69	0,29	0,67	8,22	0,06	4,41 ± 0,37	0,37 ± 0,02
St09	S	4,20	0,25	0,54	6,15	0,07	4,82 ± 0,54	0,32 ± 0,02
St09	M	3,57	0,22	0,86	15,09	0,07	4,56 ± 0,50	0,30 ± 0,03
St09	F	3,48	0,22	0,69	9,95	0,06	4,34 ± 0,47	0,30 ± 0,04
St13	S	3,27	0,20	1,03	12,75	0,06	4,52 ± 0,74	0,29 ± 0,04
St13	M	3,44	0,19	1,03	14,22	0,08	4,85 ± 0,85	0,29 ± 0,03
St13	F	2,39	0,18	0,73	16,78	0,07	3,83 ± 0,65	0,29 ± 0,02
St14	S	3,58	0,13	1,33	17,61	0,12	5,01 ± 0,11	0,28 ± 0,02
St14	M	3,71	ND	0,78	9,50	0,07	4,77 ± 0,31	0,25 ± 0,01
St14	F	4,12	0,13	0,59	61,85	0,11	4,93 ± 0,35	0,27 ± 0,04
St15	S	3,96	0,14	1,25	13,98	0,09	5,41 ± 0,68	0,23 ± 0,03
St15	M	3,92	0,14	0,90	10,82	0,08	4,93 ± 0,45	0,26 ± 0,02
St15	F	3,82	0,16	0,93	11,51	0,07	4,90 ± 0,49	0,27 ± 0,04
St16	S	3,67	0,19	0,82	9,83	0,06	4,54 ± 0,40	0,25 ± 0,03
St16	M	3,28	0,17	0,97	10,72	0,10	4,37 ± 0,35	0,30 ± 0,05
St16	F	4,05	0,14	1,01	12,19	0,08	5,15 ± 0,26	0,27 ± 0,03
St18	S	3,54	0,13	1,06	11,06	0,08	4,66 ± 0,39	0,21 ± 0,04
St18	M	3,74	0,14	0,98	11,25	0,09	4,78 ± 0,17	0,28 ± 0,02
St18	F	2,98	0,16	0,89	10,24	0,09	3,90 ± 0,17	0,28 ± 0,04
St19	S	3,86	0,15	0,93	13,76	0,10	4,85 ± 0,25	0,31 ± 0,03
St19	M	3,75	0,24	1,14	12,29	0,11	4,91 ± 0,57	0,37 ± 0,04
St19	F	3,36	0,24	1,00	21,41	0,10	4,46 ± 0,04	0,37 ± 0,03
St20	S	3,35	0,20	0,91	13,27	0,09	4,37 ± 0,59	0,32 ± 0,02
St20	M	3,62	0,20	1,05	11,94	0,07	4,75 ± 0,61	0,31 ± 0,02
St20	F	3,87	0,17	0,83	12,98	0,10	4,72 ± 0,94	0,30 ± 0,04
St21	S	3,33	0,27	0,66	14,90	0,06	4,04 ± 0,23	0,37 ± 0,05
St21	M	0,96	0,16	0,80	11,60	0,07	2,08 ± 0,74	0,27 ± 0,08
St21	F	3,14	0,29	0,78	14,70	0,07	4,20 ± 0,23	0,39 ± 0,04

ANNEXE 5

CONCENTRATIONS DE LA CHLOROPHYLLE A ET DES PHEOPIGMENTS

Concentrations des pigments chlorophylliens (chlorophylle *a* et phéopigments) et pourcentage de phéopigments des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie mesurées lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; ND = Valeur non déterminée.

Station	Niveau	Chlorophylle *a* (µg/L)	Phéopigment (µg/L)	Phéopigment (%)
St02	S	0,47	0,06	12,00
St02	M	0,56	0,14	19,60
St02	F	0,58	0,11	16,11
St03	S	0,53	0,03	4,77
St03	M	0,62	0,13	17,26
St03	F	0,69	0,09	11,20
St05	S	0,43	0,08	15,11
St05	M	0,50	0,11	18,43
St05	F	0,40	0,07	15,24
St06	S	0,31	0,15	32,61
St06	M	0,50	0,12	19,00
St06	F	0,54	0,13	19,24
St07	S	0,52	0,08	13,40
St07	M	0,53	0,09	14,37
St07	F	0,51	0,08	12,92
St09	S	0,39	0,06	12,79
St09	M	0,46	0,08	15,61
St09	F	0,47	0,16	25,24
St13	S	0,48	0,11	17,99
St13	M	0,71	0,10	11,87
St13	F	0,66	0,12	15,53
St14	S	0,64	0,15	18,53
St14	M	0,52	0,10	16,23
St14	F	0,50	0,25	32,94
St15	S	0,43	0,01	1,98
St15	M	0,44	0,04	7,87
St15	F	0,78	0,10	11,53
St16	S	0,34	ND	ND
St16	M	0,55	0,04	6,25
St16	F	0,88	0,12	11,59
St18	S	0,28	ND	ND
St18	M	0,44	0,04	7,74
St18	F	0,69	0,08	9,93
St19	S	0,38	0,01	2,91
St19	M	0,60	0,04	6,86
St19	F	0,74	0,11	12,62

Station	Niveau	Chlorophylle *a* (µg/L)	Phéopigment (µg/L)	Phéopigment (%)
St20	S	0,68	0,08	10,10
St20	M	0,71	0,07	9,36
St20	F	0,77	0,04	4,97
St21	S	0,51	0,11	17,86
St21	M	0,52	0,12	18,94
St21	F	0,60	0,12	16,59

ANNEXE 6

CONCENTRATIONS DES METAUX DISSOUS DANS LA COLONNE D'EAU

Concentrations des métaux dissous (µg/L) des 14 stations de la zone sud du lagon de Nouvelle-Calédonie lors de la campagne semestrielle de mars 2013 ; Les stations ont été échantillonnées à 3 niveaux de profondeur : S = surface -3 m, M = mi-profondeur, F = fond +3 m ; <LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification.

Station	Niveau	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St02	S	1,7	<LQ	<LQ	0,082	0,028	0,028	0,041	0,059	<LQ	0,091
St02	M	1,7	<LQ	<LQ	0,080	0,021	0,018	0,037	0,062	<LQ	0,168
St02	F	1,9	<LQ	<LQ	0,082	0,025	0,020	0,047	0,070	<LQ	0,094
St03	S	1,6	<LQ	0,046	0,167	0,022	0,027	0,118	0,597	0,3	0,116
St03	M	1,8	<LQ	<LQ	0,093	<LQ	0,023	0,057	0,108	<LQ	0,215
St03	F	1,8	<LQ	<LQ	0,092	0,019	0,027	0,049	0,086	<LQ	0,022
St05	S	1,8	<LQ	<LQ	0,079	0,023	0,009	0,021	0,054	<LQ	0,243
St05	M	1,8	<LQ	<LQ	0,077	0,023	0,023	0,041	0,069	<LQ	0,089
St05	F	1,8	<LQ	<LQ	0,079	0,016	0,018	0,039	0,070	<LQ	0,266
St06	S	1,6	<LQ	0,032	0,348	0,065	0,048	0,240	0,726	<LQ	0,234
St06	M	1,7	<LQ	0,016	0,093	0,027	0,042	0,126	0,149	<LQ	0,380
St06	F	2,0	<LQ	0,046	0,092	0,027	0,038	0,102	0,120	<LQ	0,123
St07	S	1,8	<LQ	<LQ	0,078	0,024	0,025	0,046	0,085	<LQ	0,254
St07	M	1,8	<LQ	<LQ	0,071	0,015	0,019	0,041	0,078	<LQ	0,083
St07	F	1,9	<LQ	<LQ	0,067	0,019	0,037	0,052	0,077	<LQ	0,181
St09	S	1,8	<LQ	<LQ	0,080	0,036	0,021	0,033	0,053	<LQ	0,234
St09	M	1,8	<LQ	<LQ	0,087	0,020	0,022	0,036	0,059	<LQ	0,115
St09	F	1,8	<LQ	<LQ	0,083	0,023	0,017	0,035	0,068	<LQ	0,267
St13	S	1,8	<LQ	<LQ	0,083	<LQ	0,018	0,052	0,073	<LQ	0,347
St13	M	1,8	<LQ	<LQ	0,093	0,031	0,021	0,118	0,142	<LQ	0,132
St13	F	1,8	<LQ	0,013	0,083	0,031	0,024	0,083	0,403	<LQ	0,248
St14	S	2,0	<LQ	0,022	0,125	0,038	0,056	0,251	0,382	<LQ	0,204
St14	M	1,8	<LQ	<LQ	0,079	0,028	0,033	0,058	0,108	<LQ	0,117
St14	F	1,8	<LQ	<LQ	0,080	<LQ	0,043	0,039	0,074	<LQ	0,136
St15	S	1,5	<LQ	0,061	0,380	0,070	0,027	0,289	0,578	<LQ	<LQ
St15	M	1,7	<LQ	0,039	0,146	0,024	0,015	0,462	0,255	<LQ	<LQ
St15	F	1,7	<LQ	0,044	0,152	0,017	0,058	0,385	0,278	<LQ	0,141
St16	S	1,7	<LQ	0,023	0,177	0,040	0,020	0,222	0,191	<LQ	0,121
St16	M	1,6	<LQ	<LQ	0,117	0,015	0,017	0,072	0,109	<LQ	0,108
St16	F	1,7	<LQ	<LQ	0,114	0,025	0,033	0,156	0,174	<LQ	0,404
St18	S	1,5	<LQ	0,040	0,296	0,075	0,019	0,171	0,474	<LQ	0,063
St18	M	1,9	<LQ	0,013	0,095	0,048	0,023	0,147	0,153	<LQ	0,113
St18	F	1,7	<LQ	0,013	0,111	0,025	0,051	0,169	0,168	<LQ	0,220
St19	S	1,7	<LQ	0,018	0,191	0,022	0,021	0,088	0,213	<LQ	0,103
St19	M	1,8	<LQ	0,014	0,107	0,019	0,021	0,100	0,170	<LQ	0,071
St19	F	1,9	<LQ	0,012	0,121	<LQ	0,012	0,105	0,128	<LQ	0,188

Station	Niveau	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cr(VI) (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
St20	S	1,8	<LQ	0,013	0,093	0,047	0,021	0,106	0,143	<LQ	0,070
St20	M	1,7	<LQ	0,013	0,096	0,021	0,026	0,136	0,163	<LQ	0,867
St20	F	1,7	<LQ	<LQ	0,093	<LQ	0,022	0,101	0,128	<LQ	0,038
St21	S	1,8	<LQ	<LQ	0,075	0,043	0,038	0,052	0,083	<LQ	0,093
St21	M	1,7	<LQ	<LQ	0,080	0,026	0,044	0,049	0,081	<LQ	0,256
St21	F	1,9	<LQ	<LQ	0,123	<LQ	0,024	0,022	0,041	<LQ	0,033

ANNEXE 7

COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2013

Compilation des concentrations moyennes de nitrates + nitrites (NO_3+NO_2), ammonium (NH_4), phosphates (PO_4) et silicates (SiO_4) mesurées dans la zone d'étude depuis 2007 lors des campagnes semestrielles de « saison humide » (Min = minimum ; Max = maximum ; Moy = moyenne ± écart-type ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

		NO_2+NO_3 (µM)						NH_4 (µM)					
Année		**2007**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2007**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Domaine entier	**Min**	<LQ	0,02	<LQ	0,06	<LQ	<LQ	0,01	<LQ	0,02	0,01	0,02	0,01
	Max	4,92	1,74	0,72	1,86	0,32	1,39	0,41	0,16	0,39	0,29	0,24	0,25
	Moy	0,27 ± 0,70	0,46 ± 0,39	0,20 ± 0,16	0,42 ± 0,34	0,14 ± 0,10	0,13 ± 0,23	0,09 ± 0,09	0,05 ± 0,04	0,14 ± 0,09	0,08 ± 0,07	0,07 ± 0,05	0,06 ± 0,05
Canal de la Havannah	**Min**	<LQ	0,10	0,09	0,17	<LQ	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
	Max	4,92	1,05	0,31	1,04	0,32	0,26	0,41	0,13	0,39	0,26	0,09	0,14
	Moy	0,42 ± 0,85	0,42 ± 0,30	0,22 ± 0,07	0,50 ± 0,23	n=2	0,09 ± 0,074	0,40 ± 0,10	0,06 ± 0,03	0,13 ± 0,09	0,09 ± 0,07	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,03
Baie du Prony	**Min**	0,02	0,02	<LQ	0,06	0,04	0,02	0,01	<LQ	0,02	0,01	0,020	0,01
	Max	1,21	1,74	0,70	1,86	0,27	0,15	0,17	0,11	0,25	0,29	0,20	0,07
	Moy	0,26 ± 0,44	0,38 ± 0,53	0,11 ± 0,19	0,40 ± 0,53	0,13 ± 0,10	0,07 ± 0,04	0,04 ± 0,05	0,04 ± 0,03	0,11 ± 0,08	0,08 ± 0,09	0,06 ± 0,06	0,04 ± 0,02

Année		PO_4 (µM)						SiO_4 (µM)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,003	0,013	0,026	0,006	0,004	<LQ	0,43	0,97	0,02	<LQ	1,12	0,74
	Max	0,125	0,17	0,202	0,185	0,115	0,063	4,07	4,79	6,64	9,95	4,15	12,96
	Moy	0,037 ± 0,002	0,048 ± 0,028	0,058 ± 0,026	0,046 ± 0,037	0,055 ± 0,029	0,033 ± 0,013	1,36 ± 0,78	1,90 ± 0,96	1,35 ± 1,30	1,88 ± 3,04	2,12 ± 0,62	1,97 ± 2,54
Canal de la Havannah	Min	0,003	0,020	0,031	0,006	0,008	0,012	0,43	0,97	0,02	<LQ	1,12	0,74
	Max	0,125	0,061	0,074	0,102	0,093	0,051	1,80	1,58	0,94	1,62	2,53	1,16
	Moy	0,037 ± 0,028	0,041 ± 0,015	0,050 ± 0,011	0,038 ± 0,027	0,042 ± 0,028	0,034 ± 0,013	0,96 ± 0,36	1,21 ± 0,17	0,34 ± 0,26	0,39 ± 0,39	1,86 ± 0,55	0,96 ± 0,14
Baie du Prony	Min	0,007	0,023	0,039	0,015	0,034	0,026	1,25	1,55	1,32	<LQ	1,47	1,19
	Max	0,058	0,171	0,20	0,185	0,094	0,063	4,07	4,21	6,64	9,95	3,25	12,96
	Moyenne	0,036 ± 0,016	0,055 ± 0,045	0,071 ± 0,043	0,058 ± 0,054	0,068 ± 0,019	0,041 ± 0,012	2,38 ± 0,89	2,63 ± 1,01	2,43 ± 1,45	4,78 ± 4,21	2,16 ± 0,55	2,68 ± 3,32

ANNEXE 8

COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE DISSOUTE ET PARTICULAIRE DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2013

Compilation des concentrations moyennes d'azote et phosphore organiques dissous (NOD et POD) et d'azote, phosphore et carbone organiques particulaires (NOP, POP et COP) mesurées dans la zone d'étude depuis 2007 lors des campagnes semestrielles de « saison humide » (Min = minimum ; Max = maximum ; Moy = moyenne ± écart-type ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

Note : *Les analyses du COP n'ont été réalisées que pour les campagnes semestrielles « saison humide » de 2009, 2010, 2011 et 2012.*

		POD (µM)						NOD (µM)					
Année		**2007**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2007**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Domaine entier	**Min**	0,16	0,06	0,60	0,44	0,07	0,13	3,97	0,68	0,38	2,85	1,09	0,96
	Max	0,28	0,37	1,05	0,72	0,29	0,33	9,89	4,46	6,83	5,78	4,94	4,72
	Moy	0,21 ± 0,02	0,19 ± 0,08	0,83 ± 0,10	0,62 ± 0,06	0,18 ± 0,06	0,19 ± 0,05	5,23 ± 0,79	2,67 ± 0,81	2,18 ± 1,31	4,66 ± 0,66	3,57 ± 0,70	3,60 ± 0,57
Canal de la Havannah	**Min**	0,16	0,13	0,67	0,47	0,11	0,16	4,50	0,68	0,38	2,92	2,81	0,96
	Max	0,28	0,32	0,95	0,71	0,29	0,33	9,89	3,51	6,83	5,48	4,72	4,72
	Moy	0,35 ± 0,03	0,20 ± 0,08	0,84 ± 0,10	0,60 ± 0,07	0,20 ± 0,06	0,23 ± 0,05	5,19 ± 0,91	2,52 ± 0,90	2,30 ± 1,94	4,40 ± 0,72	3,52 ± 0,56	3,58 ± 0,83
Baie du Prony	**Min**	0,17	0,12	0,60	0,55	0,08	0,13	4,48	1,51	1,07	3,79	1,78	2,98
	Max	0,23	0,37	0,94	0,72	0,24	0,24	6,32	4,46	2,90	5,78	4,45	4,05
	Moy	0,20 ± 0,02	0,23 ± 0,08	0,78 ± 0,10	0,62 ± 0,05	0,16 ± 0,05	0,17 ± 0,04	5,11 ± 0,54	2,68 ± 0,80	2,07 ± 0,67	4,82 ± 0,65	3,54 ± 0,69	3,66 ± 0,32

Année		POP (µM)						NOP (µM)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	<LQ	0,05	<LQ	<LQ	0,04	0,05	<LQ	0,96	0,78	0,78	0,75	0,54
	Max	0,11	0,12	0,14	0,11	0,09	0,12	1,75	5,01	6,25	3,53	1,35	1,33
	Moy	0,05 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,51 ± 0,49	1,75 ± 0,86	1,88 ± 1,20	1,16 ± 0,43	1,03 ± 0,17	0,87 ± 0,18
Canal de la Havannah	Min	0,01	0,05	<LQ	<LQ	0,04	0,05	<LQ	1,12	0,92	0,78	0,75	0,54
	Max	0,10	0,08	0,11	0,08	0,09	0,09	1,70	3,54	3,11	1,35	1,23	0,93
	Moy	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,66 ± 0,41	1,75 ± 0,79	1,85 ± 0,77	1,03 ± 0,17	0,91 ± 0,13	0,74 ± 0,11
Baie du Prony	Min	<LQ	0,06	0,02	<LQ	0,05	0,06	<LQ	1,02	0,83	0,83	0,87	0,82
	Max	0,06	0,11	0,09	0,04	0,07	0,11		3,82	2,53	1,52	1,35	1,25
	Moy	0,04 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,09 ± 0,01		1,65 ± 0,78	1,49 ± 0,49	1,08 ± 0,21	1,05 ± 0,16	0,99 ± 0,12

Année		COP (µM)			
		2009	2010	2011	2013
Domaine entier	Min	8,41	5,16	7,90	6,15
	Max	28,07	27,89	27,10	61,85
	Moy	15,41 ± 4,78	8,75 ± 3,79	12,55 ± 3,60	13,37 ± 8,11
Canal de la Havannah	Min	10,76	6,37	8,50	6,15
	Max	28,07	12,11	18,30	15,09
	Moy	15,41 ± 4,78	8,04 ± 1,53	11,9 ± 3,08	11,69 ± 2,67
Baie du Prony	Min	8,41	5,66	7,90	9,83
	Max	18,57	10,86	27,10	21,41
	Moy	12,36 ± 2,92	8,42 ± 1,54	12,44 ± 4,95	12,42 ± 3,10

ANNEXE 9

COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2013

Compilation des concentrations moyennes de chlorophylle *a* et phéopigments mesurées dans la zone d'étude depuis 2007 lors des campagnes semestrielles de « saison humide » (Min = minimum ; Max = maximum ; Moy = moyenne ± écart-type ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

		Chlorophylle *a* (µg/L)						Phéopigments (µg/L)					
Année		**2007**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2007**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Domaine entier	**Min**	0,20	0,27	0,32	0,24	0,01	0,28	0,04	0,06	<LQ	0,07	0,09	0,01
	Max	0,97	1,20	1,12	3,34	0,66	0,88	0,30	0,47	0,34	0,46	0,61	0,25
	Moy	0,43 ± ,13	0,60 ± 0,23	0,78 ± 0,20	0,69 ± 0,55	0,30 ± 0,13	0,54 ± 0,13	0,15 ± 0,06	0,24 ± 0,08	0,20 ± 0,05	0,19 ± 0,09	0,22 ± 0,11	0,09 ± 0,05
Canal de la Havannah	**Min**	0,20	0,38	0,50	0,26	0,01	0,39	0,04	0,14	<LQ	0,09	0,14	0,06
	Max	0,59	0,77	1,12	1,17	0,43	0,6	0,28	0,34	0,34	0,34	0,41	0,16
	Moy	0,40 ± 0,10	0,54 ± 0,13	0,88 ± 0,17	0,64 ± 0,23	0,28 ± 0,11	0,50 ± 0,06	0,15 ± 0,06	0,23 ± 0,07	0,19 ± 0,08	0,22 ± 0,06	0,23 ± 0,07	0,10 ± 0,03
Baie du Prony	**Min**	0,27	0,27	0,52	0,24	0,17	0,28	0,07	0,08	0,10	0,07	0,09	0,01
	Max	0,59	1,20	1,05	3,34	0,66	0,88	0,23	0,47	0,31	0,46	0,35	0,12
	Moy	0,43 ± 0,11	0,61 ± 0,34	0,76 ± 0,14	0,82 ± 0,97	0,35 ± 0,17	0,55 ± 0,19	0,13 ± 0,05	0,22 ± 0,13	0,19 ± 0,06	0,17 ± 0,13	0,18 ± 0,09	0,06 ± 0,04

ANNEXE 10

COMPILATION DES CONCENTRATIONS DE METAUX DISSOUS DES CAMPAGNES « SAISON HUMIDE » DE 2007 A 2013

Compilation des concentrations moyennes de cobalt (Co), chrome hexavalent (Cr(VI), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni) et zinc (Zn) mesurées dans la zone d'étude depuis 2007 lors des campagnes semestrielles de « saison humide » (Min = minimum ; Max = maximum ; Moy = moyenne ± écart-type ; LQ = Valeurs inférieures à la limite de quantification).

Note : *Les analyses de Cr(VI) n'ont été réalisées que pour la campagne semestrielle « saison humide » de 2007. Suite à une série de problème technique, les analyses d'As n'ont pas pu être réalisées pour les campagnes « saison humide » de 2010, 2011 et 2012. Ces échantillons ont été conservés et seront analysés dès que possible.*

		Co (µg/L)						Cr(VI) (µg/L					
Année		**2007**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2007**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Domaine entier	**Min**	<LQ	0,011	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	-	0,09	0,11	0,10	0,09	0,07
	Max	0,082	0,100	0,270	0,252	0,092	0,061	-	0,41	0,78	1,22	0,26	0,38
	Moy	0,026 ± 0,016	0,040 ± 0,024	0,053 ± 0,041	0,047 ± 0,052	0,038 ± 0,017	0,027 ± 0,016	-	0,16 ± 0,06	0,19 ± 0,11	0,22 ± 0,26	0,12 ± 0,04	0,12 ± 0,07
Canal de la Havannah	**Min**	<LQ	0,011	0,010	0,013	<LQ	<LQ	-	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07
	Max	0,046	0,012	0,044	0,042	0,013	<LQ	-	0,15	0,25	0,23	0,12	0,12
	Moy	0,019 ± 0,010	0,012 ± 0,001	0,025 ± 0,011	0,023 ± 0,011	n=1		-	0,13 ± 0,01	0,14 ± 0,03	0,11 ± 0,03	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Baie du Prony	**Min**	0,024	0,031	0,055	0,014	0,032	0,012	-	0,16	0,18	0,11	0,11	0,10
	Max	0,082	0,100	0,270	0,252	0,092	0,061	-	0,41	0,78	1,22	0,22	0,38
	Moy	0,044 ± 0,019	0,053 ± 0,023	0,085 ± 0,059	0,075 ± 0,075	0,048 ± 0,017	0,028 ± 0,017	-	0,22 ± 0,08	0,28 ± 0,17	0,43 ± 0,42	0,15 ± 0,03	0,17 ± 0,09

		Cu (µg/L)						Fe (µg/L)					
Année		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,030	0,070	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	0,03	0,07	0,07	<LQ	<LQ	0,01
	Max	0,150	0,160	0,860	0,182	0,630	0,075	0,41	1,02	0,29	0,18	0,23	0,06
	Moy	0,080 ± 0,022	0,110 ± 0,031	0,099 ± 0,144	0,050 ± 0,044	0,166 ± 0,130	0,030 ± 0,015	0,11 ± 0,06	0,17 ± 0,18	0,11 ± 0,05	0,03 ± 0,03	0,07 ± 0,04	0,03 ± 0,01
Canal de la Havannah	Min	0,030	0,100	0,030	0,017	<LQ	<LQ	0,05	0,07	0,07	<LQ	<LQ	0,01
	Max	0,150	0,100	0,330	0,182	0,254	0,043	0,41	1,02	0,16	0,03	0,20	0,04
	Moy	0,090 ± 0,025	n = 2	0,093 ± 0,092	0,055 ± 0,054	0,114 ± 0,107	0,024 ± 0,007	0,13 ± 0,06	0,19 ± 0,28	0,10 ± 0,03	0,02 ± 0,01	0,06 ± 0,05	0,02 ± 0,01
Baie du Prony	Min	0,070	<LQ	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	0,03	0,10	0,07	<LQ	0,01	0,01
	Max	0,090	<LQ	0,130	0,052	0,483	0,075	0,10	0,14	0,12	0,06	0,14	0,06
	Moy	0,079 ± 0,007	<LQ	0,054 ± 0,043	0,033 ± 0,015	0,179 ± 0,128	0,034 ± 0,021	0,06 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,06 ± 0,04	0,03 ± 0,01

		Mn (µg/L)						Ni (µg/L)					
Année		2007	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,03	0,09	0,08	<LQ	0,03	0,02	0,04	0,12	0,09	0,03	0,05	0,04
	Max	0,43	0,66	1,27	4,16	1,13	0,46	0,54	0,82	1,06	1,44	0,37	0,73
	Moy	0,18 ± 0,08	0,24 ± 0,14	0,24 ± 0,19	0,25 ± 0,65	0,24 ± 0,21	0,11 ± 0,10	0,20 ± 0,11	0,26 ± 0,15	0,25 ± 0,18	0,23 ± 0,32	0,18 ± 0,08	0,17 ± 0,16
Canal de la Havannah	Min	0,03	0,09	0,08	<LQ	0,03	0,02	0,04	0,12	0,09	0,03	0,05	0,04
	Max	0,25	0,14	0,15	0,13	0,15	0,05	0,26	0,16	0,13	0,21	0,13	0,09
	Moy	0,20 ± 0,06	0,13 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,05 ± 0,03	0,09 ± 0,04	0,04 ± 0,01	0,18 ± 0,06	0,14 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,05	0,09 ± 0,03	0,07 ± 0,01
Baie du Prony	Min	0,17	0,19	0,18	<LQ	0,21	0,07	0,21	0,23	0,24	0,06	0,22	0,11
	Max	0,43	0,57	1,27	4,16	1,13	0,46	0,54	0,63	1,06	1,44	0,37	0,58
	Moy	0,24 ± 0,07	0,34 ± 0,13	0,36 ± 0,30	0,62 ± 1,16	0,44 ± 0,25	0,20 ± 0,12	0,35 ± 0,12	0,35 ± 0,13	0,38 ± 0,23	0,50 ± 0,51	0,26 ± 0,04	0,24 ± 0,14

Année		Zn (µg/L)					
		2007	2009	2010	2011	2012	2013
Domaine entier	Min	0,16	0,10	0,17	<LQ	0,04	0,02
	Max	2,27	0,47	0,87	1,75	1,64	0,87
	Moy	0,58 ± 0,40	0,30 ± 0,07	0,57 ± 0,19	0,34 ± 0,34	0,40 ± 0,30	0,18 ± 0,15
Canal de la Havannah	Min	0,16	0,20	0,17	0,07	<LQ	0,03
	Max	2,27	0,31	0,87	0,56	1,03	0,27
	Moy	0,41 ± 0,39	0,27 ± 0,06	0,46 ± 0,23	0,23 ± 0,15	0,38 ± 0,24	0,16 ± 0,08
Baie du Prony	Min	0,60	0,19	0,62	<LQ	0,04	0,06
	Max	1,29	0,36	0,82	0,67	1,14	0,40
	Moy	0,88 ± 0,22	0,28 ± 0,04	0,76 ± 0,08	0,27 ± 0,20	0,39 ± 0,31	0,15 ± 0,10

ANNEXE III

SUIVI DE L'ETAT DES PEUPLEMENTS RECIFAUX
ET
DES ORGANISMES ASSOCIES
EN BAIE DE PRONY ET CANAL DE LA HAVANNAH

Mission S1 / 2013

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

SUIVI DE L'ETAT DES PEUPLEMENTS RECIFAUX ET ORGANISMES ASSOCIES EN BAIE DE PRONY ET CANAL DE LA HAVANNAH

Mission d'avril 2013

PROJET GORO NICKEL

VALE NOUVELLE CALEDONIE

SARL AQUA TERRA - Capital : 1 000 000 XPF
Adresse postale : BP 15559 - 98804 Nouméa - Adresse bureau : Immeuble Auer, 22 rue Auer à Ducos
Tél : (687) 23 33 22 - Tél. / Fax : (687) 43 05 32
RIDET : 813725.001 RIB : BCI 17499 00010 20200002012 39
Courriel : aquaterra@aquaterra-nc.com

Caractéristiques du dossier :

Référence du document		Rap 003-13_Ver 01
Référence du contrat		C2415 E53799
Numéro de l'affaire		003-13
Client		Vale Nouvelle-Calédonie
Commune		Mont Dore
Coordonnées (WGS 84 UTM58)	**X**	696 000
	Y	7 528 000
Mots clés		projet Goro Nickel, ichtyologie, communautés récifales, biocénoses marines, suivis environnementaux, mine, port

Suivi des modifications :

N° de version	Transmis à	Action / Etat	Date
00	VALE NC	Rapport remis au Client (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture de la forme	Août 2013
	Experts partenaires	Rapport remis (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture du fond	
	AQUA TERRA	En interne : pour relecture pour contrôle qualité	
01	VALE NC	Rapport final remis au Client (3 exemplaires papier + 1 CDRom)	Août 2013

Les responsables du suivi des modifications sont :

Maître d'Ouvrage	Céline CASALIS (Vale NC)
Entreprise	Valérie VAILLET (AQUA TERRA)

N° Document	Émis le	Par	Approuvé par	Le
Rap 003-13_Ver 00	Août 2013	AQUA TERRA	Vale NC Biocénose	Août 2013

Dans un souci constant de préserver l'environnement, nos rapports sont imprimés sur du papier certifié PEFC, en recto-verso et nos toners sont éliminés via une filière agréée.

Equipe de travail

Le Mandataire pour cette étude est la SARL AQUA TERRA, avec Valérie VAILLET comme chef de projet, avec l'aide d'experts scientifiques.

Les principaux intervenants étaient donc :

Pour AQUA TERRA :

- **Valérie VAILLET** : gérante de la société (Ingénierie de l'environnement et de la réhabilitation), ingénieur biologiste (DEA Océanographie biologique, Paris VI). Grande expérience en gestion de l'environnement et notamment à travers des campagnes d'échantillonnage sous-marin. A réalisé plusieurs missions dans le cadre du suivi des communautés coralliennes pour le projet Goro Nickel. Plongeur niveau III.

Pour cette étude : responsable logistique et technique ; échantillonnage du substrat (LIT) et traitement/analyses des résultats liés, photographie sous-marine ; synthèse des données, rédaction des rapports.

Pour ACREM :

- **Claude CHAUVET** : professeur émérite des Universités à l'Université de Nouvelle Calédonie, biologiste marin, intervenant pour l'ACREM.

A participé à de nombreuses campagnes d'échantillonnage du milieu marin et notamment dans cette zone et pour le projet Goro Nickel. Plongeur niveau III.
Pour cette étude : inventaire des communautés ichtyologiques et traitements/analyses des résultats liés ; enregistrements vidéo (films).

Pour BIOCENOSE MARINE :

- **Grégory LASNE** : gérant de la société (Etude environnementale marine), master recherche en Environnement Océanographique Littoral et Hauturier (Bordeaux I). Compétences reconnues pour la taxonomie corallienne et l'inventaire des biocénoses benthiques marines, ainsi que la description géomorphologique et environnementale de site sous marin. Plongeur niveau III, CAH IIB, Nitrox et TDI (recycleur).

Pour cette étude : inventaire des communautés benthiques et particulièrement des coraux, ainsi que l'analyse des résultats liés ; description des habitats ; atlas photographique (photographies *in situ*).

Personne physique :

- **Alain GERBAULT** : Plongeur CAH 1B.

Sur le terrain, l'équipe était complétée par des plongeurs / pilotes professionnels pour assurer la sécurité et aider pour la partie technique (chargement du matériel, gonflement des blocs, mise en place des piquets sous l'eau, …).

Ce rapport a été rédigé sur la base des résultats et commentaires de chacune des parties.



Crédit photographique : Grégory Lasne 2013 pour Biocénose, Valérie Vaillet 2013, pour AQUA TERRA

Table des Matières

EQUIPE DE TRAVAIL 3
TABLE DES MATIERES 4
LISTE DES TABLEAUX 8
LISTE DES FIGURES 16
LISTE DES CARTES 21
LISTE DES PHOTOS 21
1 PREAMBULE 23
2 OBJECTIF DE L'ETUDE 24
3 METHODOLOGIE 25
3.1 ZONE D'ETUDE 25
3.1.1 Contexte général 25
3.1.2 Présentation des stations 25
3.1.2.1 Les stations 25
3.1.2.2 Les transects 27
3.2 LES TRAVAUX D'ECHANTILLONNAGE 28
3.2.1 Vérification des stations 28
3.2.1.1 Positionnement 28
3.2.1.2 Matérialisation 28
3.2.1.2.1 Organisation « matérielle » 28
3.2.1.2.2 Organisation « temporelle » 28
3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat 29
3.2.3 Protocole pour l'étude du benthos 29
3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons 31
3.3 PERIODE D'ECHANTILLONNAGE 32
3.4 LE TRAITEMENT DES DONNEES 33
3.4.1 Pour le substrat 33
3.4.2 Pour le benthos 34
3.4.3 Pour les poissons 35
4 RESULTATS BRUTS PAR STATION 38
4.1 STATION 01 = CASY 39
4.1.1 Le substrat (ST01) 41
4.1.2 Le benthos (ST01) 41
4.1.2.1 Benthos Transect 01 A 43
4.1.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST01A) 43
4.1.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST01A) 45
4.1.2.2 Benthos Transect 01 B 48
4.1.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST01B) 48
4.1.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST01B) 50
4.1.3 Les poissons (ST01) 52
4.2 STATION 02 = CREEK BAIE NORD 57
4.2.1 Le substrat (ST02) 59
4.2.2 Le benthos (ST02) 60
4.2.2.1 Benthos Transect 02 A 61
4.2.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST02A) 61
4.2.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST02A) 63
4.2.2.2 Benthos Transect 02 B 65
4.2.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST02B) 65
4.2.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST02B) 67
4.2.3 Les poissons (ST02) 70
4.3 STATION 03 = PORT 75
4.3.1 Le substrat (ST03) 78
4.3.2 Le benthos (ST03) 79
4.3.2.1 Benthos Transect 03 A 80
4.3.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST03A) 80
4.3.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03A) 82
4.3.2.2 Benthos Transect 03 B 84
4.3.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST03B) 84
4.3.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03B) 86
4.3.2.3 Benthos Transect 03 C 88

4.3.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST03C) 88
4.3.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03C) 90
4.3.3 Les poissons (ST03) *92*
4.4 STATION 04 = WOODIN 97
4.4.1 Le substrat (ST04) *99*
4.4.2 Le benthos (ST04) *100*
4.4.2.1 Benthos Transect 04 A 101
4.4.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST04A) 101
4.4.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04A) 103
4.4.2.2 Benthos Transect 04 B 105
4.4.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST04B) 105
4.4.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04B) 106
4.4.2.3 Benthos Transect 04 C 109
4.4.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST04C) 109
4.4.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04C) 111
4.4.3 Les poissons (ST04) *113*
4.5 STATION 05 = RECIF IORO 119
4.5.1 Le substrat (ST05) *121*
4.5.2 Le benthos (ST05) *122*
4.5.2.1 Benthos Transect 05 A 123
4.5.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST05A) 123
4.5.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05A) 125
4.5.2.2 Benthos Transect 05 B 127
4.5.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST05B) 127
4.5.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05B) 129
4.5.2.3 Benthos Transect 05 C 131
4.5.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST05C) 131
4.5.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05C) 133
4.5.3 Les poissons (ST05) *135*
4.6 STATION 06 = BANC IONONTEA 142
4.6.1 Le substrat (ST06) *144*
4.6.2 Le benthos (ST06) *145*
4.6.2.1 Benthos Transect 06 A 146
4.6.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST06A) 146
4.6.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06A) 148
4.6.2.2 Benthos Transect 06 B 150
4.6.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST06B) 150
4.6.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06B) 153
4.6.2.3 Benthos Transect 06 C 155
4.6.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST06C) 155
4.6.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06C) 157
4.6.3 Les poissons (ST06) *160*
4.7 STATION 07 = BASSE CHAMBEYRON 167
4.7.1 Le substrat (ST07) *169*
4.7.2 Le benthos (ST07) *170*
4.7.2.1 Benthos Transect 07 A 171
4.7.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST07A) 171
4.7.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07A) 173
4.7.2.2 Benthos Transect 07 B 175
4.7.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST07B) 175
4.7.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07B) 177
4.7.2.3 Benthos Transect 07 C 179
4.7.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST07C) 179
4.7.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07C) 181
4.7.3 Les poissons (ST07) *183*
4.8 STATION 08 = POINTE PUKA 189
4.8.1 Le substrat (ST08) *191*
4.8.2 Le benthos (ST08) *191*
4.8.2.1 Benthos Transect 08 A 193
4.8.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST08A) 193
4.8.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST08A) 196
4.8.2.2 Benthos Transect 08 B 198
4.8.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST08B) 198
4.8.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST08B) 200
4.8.3 Les poissons (ST08) *203*
4.9 STATION 09 = BANCS KIE 209
4.9.1 Le substrat (ST09) *211*

4.9.2 Le benthos (ST09) *212*
4.9.2.1 Benthos Transect 09 A 213
4.9.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST09A) 213
4.9.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09A) 216
4.9.2.2 Benthos Transect 09 B 218
4.9.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST09B) 218
4.9.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09B) 220
4.9.2.3 Benthos Transect 09 C 222
4.9.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST09C) 222
4.9.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09C) 224
4.9.3 Les poissons (ST09) *226*
4.10 STATION 10 = ILOT KIE 232
4.10.1 Le substrat (ST10) *234*
4.10.2 Le benthos (ST10) *235*
4.10.2.1 Benthos Transect 10 A 236
4.10.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST10A) 236
4.10.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10A) 238
4.10.2.2 Benthos Transect 10 B 241
4.10.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST10B) 241
4.10.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10B) 243
4.10.2.3 Benthos Transect 10 C 245
4.10.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST10C) 245
4.10.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10C) 247
4.10.3 Les poissons (ST10) *249*
4.11 STATION 11 = RECIF TOEMO 255
4.11.1 Le substrat (ST11) *257*
4.11.2 Le benthos (ST11) *258*
4.11.2.1 Benthos Transect 11 A 259
4.11.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST11A) 259
4.11.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11A) 261
4.11.2.2 Benthos Transect 11 B 263
4.11.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST11B) 263
4.11.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11B) 265
4.11.2.3 Benthos Transect 11 C 267
4.11.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST11C) 267
4.11.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11C) 269
4.11.3 Les poissons (ST11) *272*
4.12 STATION 12 = ILOT UGO 278
4.12.1 Le substrat (ST12) *280*
4.12.2 Le benthos (ST12) *280*
4.12.2.1 Benthos Transect 12 A 282
4.12.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST12A) 282
4.12.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST12A) 285
4.12.2.2 Benthos Transect 12 B 287
4.12.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST12B) 287
4.12.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST12B) 289
4.12.3 Les poissons (ST12) *291*
5 RESULTATS GENERAUX / SYNTHESE 296
5.1 SUBSTRAT 296
5.2 BENTHOS 297
5.2.1 Biodiversité du benthos : généralités *297*
5.2.1.1 Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité » 297
5.2.1.2 Les contraintes naturelles et anthropiques de la zone d'étude 298
5.2.2 Répartition des 4 groupes biotiques par transect *300*
5.2.3 Composition spécifique par site *301*
5.2.3.1 Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah 301
5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin 302
5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony 304
5.2.4 Répartition spatiale de la diversité benthique *305*
5.2.4.1 La biodiversité corallienne 305
5.2.4.2 La biodiversité des invertébrés 306
5.2.4.3 La biodiversité des macrophytes 306
5.3 ICHTYOLOGIE 310
5.4 ESPECES EXOGENES / ESPECES INVASIVES / ENVAHISSANTES 312
5.4.1 Définitions *312*
5.4.2 Espèces exogènes / invasives *312*

5.4.3 Espèces envahissantes *313*
6 COMPARAISON AVEC LES DONNEES HISTORIQUES **316**
6.1 SUBSTRAT 316
6.2 BENTHOS 317
6.2.1 Variation de la biodiversité α dans le temps *318*
6.2.1.1 Pour les coraux scléractiniaires, depuis la dernière mission 319
6.2.1.2 Pour les coraux scléractiniaires, depuis le début 320
6.2.1.2.1 Analyse par Anovar 320
6.2.1.2.2 Analyse par le test de Friedman 321
6.2.1.3 Pour les invertébrés, depuis la dernière mission 323
6.2.1.4 Pour les invertébrés, depuis le début 324
6.2.1.4.1 Analyse par Anovar 325
6.2.1.4.2 Analyse par le test de Friedman 326
6.2.1.5 Pour les macrophytes, généralités 327
6.2.1.6 Pour les macrophytes, depuis le début 328
6.2.1.6.1 Analyse par Anovar 328
6.2.1.6.2 Analyse par le test de Friedman 329
6.2.2 Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude *331*
6.2.2.1 Le recrutement corallien 331
6.2.2.2 La mortalité des coraux 331
6.2.2.3 Le blanchissement des coraux 332
6.2.2.4 Les maladies coralliennes 333
6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à octobre 2012 ..... *333*
6.2.4 Conclusion *342*
6.2.4.1 Analyse par le Khi² 342
6.2.4.2 Analyse par Anovar 342
6.2.4.3 Analyse par le test de Friedman 342
6.3 ICHTYOLOGIE 344
6.3.1 Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR) *344*
6.3.1.1 Comparaison entre années 344
6.3.1.1.1 La densité 345
6.3.1.1.2 La biomasse 346
6.3.1.1.3 La biodiversité 347
6.3.1.1.4 Conclusion 350
6.3.1.2 Comparaison entre stations 350
6.3.1.2.1 La densité 350
6.3.1.2.2 La biomasse 351
6.3.1.2.3 La biodiversité 352
6.3.1.2.4 Conclusion 353
6.3.1.3 Synthèse 353
6.3.2 Tests non paramétriques *354*
6.3.3 Indice Global Annuel (IGA) et Indice Annuel par Station (IAS) *356*
6.3.3.1 Conclusion 358
7 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE, DE LA ZONE ETUDIEE **360**
7.1 RECRUTEMENT ET TAUX DE CROISSANCE CORALLIEN : POCILLOPORIDAE, GENERALITES 361
7.2 RECRUTEMENT ET TAUX DE CROISSANCE CORALLIEN : POCILLOPORIDAE, CAS DE LA STATION 01 361
8 CONCLUSION **365**
8.1 LE SUBSTRAT 365
8.2 LES COMMUNAUTES BENTHIQUES 365
8.2.1 Les coraux *365*
8.2.1.1 La Richesse Spécifique Corallienne 365
8.2.1.2 Le recrutement corallien 366
8.2.1.3 La mortalité corallienne 366
8.2.1.4 Le blanchissement corallien 366
8.2.1.5 Les maladies coralliennes 366
8.2.2 Les invertébrés *367*
8.2.2.1 Les principales espèces cibles 367
8.2.3 Les macrophytes *367*
8.2.4 Les espèces exogènes / envahisantes *368*
8.3 LES POPULATIONS ICHTYOLOGIQUES 369
9 DISCUSSION **372**
10 RECOMMANDATIONS / AMELIORATIONS **373**
10.1 AMELIORATIONS PROPRES A CE SUIVI 373
10.2 AMELIORATIONS AU CAHIER DES CHARGES 374
10.3 SUGGESTIONS AU NIVEAU PROVINCIAL OU TERRITORIAL 376
11 SOURCES **377**

A N N E X E S **383**
ANNEXE N°01 ..... **384**
METHODOLOGIE GENERALE D'ECHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTES RECIFALES **384**
ANNEXE N°02 ..... **387**
CONDITIONS D'ECHANTILLONNAGE DES DIFFERENTES MISSIONS **387**
ANNEXE N°03 ..... **388**
CARACTERISTIQUES TERRAIN DE LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE D'AVRIL 2013 ..... **388**
ANNEXE N°04 ..... **389**
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE LIT D'AVRIL 2013 ..... **389**
ANNEXE N°05 ..... **390**
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS D'AVRIL 2013 ..... **390**
ANNEXE N°06 ..... **411**
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DE L'ICHTYOFAUNE D'AVRIL 2013 ..... **411**

Liste des Tableaux

Tableau n°1 : Coordonnées des stations d'échantillonnage *26*
Tableau n°2 : Caractéristiques des transects selon les stations *27*
Tableau n°3 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique *30*
Tableau n°4 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m²) *31*
Tableau n°5 : Exemple de calcul pour le recouvrement du substrat *33*
Tableau n°6 : Code couleur pour la comparaison temporelle d'une même station *34*
Tableau n°7 : Lexique des abréviations des familles *36*
Tableau n°8 : Exemple de calcul pour « poisson » *37*
Tableau n°9 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST01A)* *44*
Tableau n°10 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST01A) *44*
Tableau n°11 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST01A) *45*
Tableau n°12 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST01A)* *46*
Tableau n°13 : (ST01A) Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 *47*
Tableau n°14 : 2009 à 2013 » (ST01A) Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de *47*
Tableau n°15 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST01B)* *48*
Tableau n°16 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST01B) *49*
Tableau n°17 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST01B) *49*
Tableau n°18 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST01B)* *50*
Tableau n°19 : (ST01B) Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 *51*
Tableau n°20 : 2009 à 2013 » (ST01B) Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de *51*
Tableau n°21 : Données sur les poissons (ST01) *52*
Tableau n°22 : Liste des espèces complémentaires (ST01) *52*
Tableau n°23 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST01) *53*
Tableau n°24 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2013 (ST01) *54*
Tableau n°25 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01) *54*
Tableau n°26 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) .. *55*
Tableau n°27 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST02A)* *62*
Tableau n°28 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST02A) *62*
Tableau n°29 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST02A) *63*
Tableau n°30 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST02A)* *63*
Tableau n°31 : (ST02A) Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 *64*
Tableau n°32 : 2009 à 2013 » (ST02A) Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de *64*
Tableau n°33 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST02B)* *65*
Tableau n°34 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST02B) *66*

Tableau n°35 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST02B) 67
Tableau n°36 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST02B) 68*
Tableau n°37 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST02B) 68
Tableau n°38 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST02B) 69
Tableau n°39 : Données sur les poissons (ST02)..... 70
Tableau n°40 : Liste des espèces complémentaires (ST02) 70
Tableau n°41 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST02) 71
Tableau n°42 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2013 (ST02)..... 72
Tableau n°43 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02)..... 72
Tableau n°44 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) .. 72
Tableau n°45 : Variations entre et octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST03A)..... 81*
Tableau n°46 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST03A) 81
Tableau n°47 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST03A)82
Tableau n°48 : Variations entre et octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST03A)..... 82*
Tableau n°49 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST03A) 83
Tableau n°50 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST03A) 83
Tableau n°51 : Variations entre et octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST03B)..... 84*
Tableau n°52 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST03B) 85
Tableau n°53 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST03B)85
Tableau n°54 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST03B) 86*
Tableau n°55 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST03B) 87
Tableau n°56 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST03B) 87
Tableau n°57 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST03C)..... 88*
Tableau n°58 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST03C) 89
Tableau n°59 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST03C)89
Tableau n°60 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST03C) 90*
Tableau n°61 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST03C) 91
Tableau n°62 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST03C) 91
Tableau n°63 : Données sur les poissons (ST03)..... 92
Tableau n°64 : Liste des espèces complémentaires (ST03) 92
Tableau n°65 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST03) 93
Tableau n°66 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2012 (ST03)..... 94
Tableau n°67 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) .. 94
Tableau n°68 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03)..... 95
Tableau n°69 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST04A)..... 102*
Tableau n°70 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST04A) 102
Tableau n°71 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST04A) 102
Tableau n°72 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST04A) 103*
Tableau n°73 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST04A) 104
Tableau n°74 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST04A) 104
Tableau n°75 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST04B)..... 105*
Tableau n°76 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST04B) 105
Tableau n°77 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST04B) 106
Tableau n°78 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST04B) 107*
Tableau n°79 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013

(ST04B) 108
Tableau n°80 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST04B) 108
Tableau n°81 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST04C) 109*
Tableau n°82 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST04C) 110
Tableau n°83 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST04C) 110
Tableau n°84 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST04C) 111*
Tableau n°85 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST04C) 112
Tableau n°86 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST04C) 112
Tableau n°87 : Données sur les poissons (ST04) 113
Tableau n°88 : Liste des espèces complémentaires (ST04) 114
Tableau n°89 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST04) 115
Tableau n°90 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2013 (ST04) 115
Tableau n°91 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04) 116
Tableau n°92 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) 117
Tableau n°93 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST05A) 124*
Tableau n°94 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST05A) 124
Tableau n°95 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST05A) 124
Tableau n°96 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST05A) 125*
Tableau n°97 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST05A) 126
Tableau n°98 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST05A) 126
Tableau n°99 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST05B) 127*
Tableau n°100 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST05B) 128
Tableau n°101 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST05B) 128
Tableau n°102 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST05B) 129*
Tableau n°103 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST05B) 130
Tableau n°104 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST05B) 130
Tableau n°105 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST05C) 131*
Tableau n°106 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST05C) 132
Tableau n°107 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST05C) 132
Tableau n°108 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST05C) 133*
Tableau n°109 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST05C) 134
Tableau n°110 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST05C) 134
Tableau n°111 : Données sur les poissons (ST05) 135
Tableau n°112 : Liste des espèces complémentaires (ST05) 136
Tableau n°113 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST05) 137
Tableau n°114 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST05) 138
Tableau n°115 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05) 139
Tableau n°116 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) 139
Tableau n°117 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST06A) 147*
Tableau n°118 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST06A) 147
Tableau n°119 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST06A) 148
Tableau n°120 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST06A) 148*
Tableau n°121 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013

(ST06A) 149
Tableau n°122 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST06A) 149
Tableau n°123 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST06B) 150*
Tableau n°124 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST06B) 152
Tableau n°125 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST06B) 152
Tableau n°126 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013: Les biocénoses (ST06B) 153*
Tableau n°127 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST06B) 154
Tableau n°128 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST06B) 154
Tableau n°129 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST06C) 155*
Tableau n°130 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST06C) 156
Tableau n°131 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST06C) 156
Tableau n°132 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST06C) 157*
Tableau n°133 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 (ST06C) 158
Tableau n°134 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST06C) 158
Tableau n°135 : Données sur les poissons (ST06) 160
Tableau n°136 : Liste des espèces complémentaires (ST06) 161
Tableau n°137 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST06) 162
Tableau n°138 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST06) 163
Tableau n°139 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06) 164
Tableau n°140 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) 165
Tableau n°141 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST07A) 172*
Tableau n°142 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST07A) 172
Tableau n°143 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST07A) 172
Tableau n°144 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST07A) 173*
Tableau n°145 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST07A) 174
Tableau n°146 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST07A) 174
Tableau n°147 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST07B) 175*
Tableau n°148 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST07B) 176
Tableau n°149 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST07B) 176
Tableau n°150 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST07B) 177*
Tableau n°151 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST07B) 178
Tableau n°152 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST07B) 178
Tableau n°153 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST07C) 179*
Tableau n°154 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST07C) 180
Tableau n°155 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST07C) 180
Tableau n°156 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST07C) 181*
Tableau n°157 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST07C) 182
Tableau n°158 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST07C) 182
Tableau n°159 : Données sur les poissons (ST07) 183
Tableau n°160 : Liste des espèces complémentaires (ST07) 184
Tableau n°161 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST07) 185

Tableau n°162 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2013 (ST07)..... 185
Tableau n°163 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) 186
Tableau n°164 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07)..... 187
Tableau n°165 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST08A)..... 194*
Tableau n°166 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST08A) 195
Tableau n°167 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST08A) 195
Tableau n°168 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST08A) 196*
Tableau n°169 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST08A) 197
Tableau n°170 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST08A) 197
Tableau n°171 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST08B)..... 198*
Tableau n°172 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST08B) 199
Tableau n°173 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST08B) 200
Tableau n°174 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST08B) 200*
Tableau n°175 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST08B) 201
Tableau n°176 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST08B) 202
Tableau n°177 : Données sur les poissons (ST08)..... 203
Tableau n°178 : Liste des espèces complémentaires (ST08) 204
Tableau n°179 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST08) 205
Tableau n°180 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST08) 205
Tableau n°181 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08)..... 206
Tableau n°182 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) 206
Tableau n°183 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST09A)..... 214*
Tableau n°184 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST09A) 215
Tableau n°185 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST09A) 215
Tableau n°186 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST09A) 216*
Tableau n°187 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST09A) 217
Tableau n°188 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST09A) 217
Tableau n°189 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST09B)..... 218*
Tableau n°190 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST09B) 219
Tableau n°191 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST09B) 219
Tableau n°192 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST09B) 220*
Tableau n°193 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST09B) 221
Tableau n°194 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST09B) 222
Tableau n°195 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST09C)..... 222*
Tableau n°196 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST09C) 223
Tableau n°197 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST09C) 223
Tableau n°198 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST09C) 224*
Tableau n°199 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST09C) 225
Tableau n°200 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST09C) 225
Tableau n°201 : Données sur les poissons (ST09)..... 226
Tableau n°202 : Liste des espèces complémentaires (ST09) 227
Tableau n°203 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST09) 227

Tableau n°204 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2012 (ST09) 228
Tableau n°205 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09) 229
Tableau n°206 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) 229
Tableau n°207 : Variations Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST10A) 237*
Tableau n°208 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST10A) 237
Tableau n°209 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST10A) 238
Tableau n°210 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST10A) 239*
Tableau n°211 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST10A) 240
Tableau n°212 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST10A) 240
Tableau n°213 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST10B) 241*
Tableau n°214 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST10B) 242
Tableau n°215 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST10B) 242
Tableau n°216 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST10B) 243*
Tableau n°217 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST10B) 244
Tableau n°218 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST10B) 244
Tableau n°219 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST10C) 245*
Tableau n°220 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST10C) 246
Tableau n°221 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST10C) 246
Tableau n°222 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST10C) 247*
Tableau n°223 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST10C) 248
Tableau n°224 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST10C) 248
Tableau n°225 : Données sur les poissons (ST10) 249
Tableau n°226 : Liste des espèces complémentaires (ST10) 250
Tableau n°227 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST10) 251
Tableau n°228 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST10) 252
Tableau n°229 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST10) 253
Tableau n°230 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10) 254
Tableau n°231 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST11A) 260*
Tableau n°232 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST11A) 260
Tableau n°233 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST11A) 261
Tableau n°234 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST11A) 261*
Tableau n°235 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST11A) 262
Tableau n°236 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST11A) 263
Tableau n°237 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST11B) 263*
Tableau n°238 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST11B) 264
Tableau n°239 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST11B) 264
Tableau n°240 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST11B) 265*
Tableau n°241 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST11B) 266
Tableau n°242 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST11B) 266
Tableau n°243 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST11C) 267*
Tableau n°244 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST11C) 268
Tableau n°245 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST11C)

268
Tableau n°246 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST11C) 269*
Tableau n°247 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST11C) 270
Tableau n°248 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST11C) 270
Tableau n°249 : Données sur les poissons (ST11)..... 272
Tableau n°250 : Liste des espèces complémentaires (ST11) 273
Tableau n°251 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST11) 273
Tableau n°252 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST11) 274
Tableau n°253 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11)..... 275
Tableau n°254 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) 276
Tableau n°255 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST012A)..... 283*
Tableau n°256 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST12A) 284
Tableau n°257 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST12A) 284
Tableau n°258 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST012A) 285*
Tableau n°259 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST12A) 286
Tableau n°260 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST12A) 286
Tableau n°261 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST012B)..... 287*
Tableau n°262 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST12B) 288
Tableau n°263 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST12B) 288
Tableau n°264 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST012B) 289*
Tableau n°265 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST12B) 290
Tableau n°266 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST12B) 290
Tableau n°267 : Données sur les poissons (ST12)..... 291
Tableau n°268 : Liste des espèces complémentaires (ST12) 292
Tableau n°269 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2009 à 2012 (ST12) 292
Tableau n°270 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2009 à 2013 (ST12) 293
Tableau n°271 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)..... 294
Tableau n°272 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12) 295
Tableau n°273 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune 310
Tableau n°274 : Richesse spécifique des coraux scléractiniaires pour tous les transects depuis 2007..... 320
Tableau n°275 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des coraux scléractiniaires depuis 2009..... 321
Tableau n°276 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique (RSp.) des coraux scléractiniaires pour tous les transects depuis 2009 321
Tableau n°277 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des coraux scléractiniaires depuis 2009 322
Tableau n°278 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des coraux scléractiniaires depuis 2009..... 322
Tableau n°279 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2007 324
Tableau n°280 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2009 325
Tableau n°281 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2009 325
Tableau n°282 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2009 326
Tableau n°283 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2009..... 326
Tableau n°284 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2007..... 328

Tableau n°285 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2007 329
Tableau n°286 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2007 329
Tableau n°287 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2007 330
Tableau n°288 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2007 330
Tableau n°289 : Evolution du taux de recouvrement du substrat d'avril 2013 à octobre 2012 (différence en %) 336
Tableau n°290 : Evolution de la richesse spécifique du benthos d'avril 2013 à octobre 2012 (gain/perte en taxa) 336
Tableau n°291 : Particularités de chaque station et évolution entre avril 2013 et octobre 2012 337
Tableau n°292 : Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m²) par station sur toutes les campagnes 345
Tableau n°293 : Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m²) pour les stations de la baie de Prony sur toutes les campagnes 346
Tableau n°294 : Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m²) pour les stations du canal de la Havannah sur toutes les campagnes 346
Tableau n°295 : Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes par station sur toutes les campagnes 346
Tableau n°296 : Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes pour les stations de la baie de Prony sur toutes les campagnes 347
Tableau n°297 : Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes pour les stations du canal de la Havannah sur toutes les campagnes 347
Tableau n°298 : Analyse de la Variance des biodiversités 1 par station sur toutes les campagnes 348
Tableau n°299 : Analyse de la Variance des biodiversités 1 pour les stations de la baie de Prony sur toutes les campagnes 348
Tableau n°300 : Analyse de la Variance des biodiversités 1 pour les stations du canal de la Havannah sur toutes les campagnes 349
Tableau n°301 : Analyse de la Variance des biodiversités 3 par station sur toutes les campagnes 349
Tableau n°302 : Analyse de la Variance des biodiversités 3 pour les stations de la baie de Prony sur toutes les campagnes 350
Tableau n°303 : Analyse de la Variance des biodiversités 3 pour les stations du canal de la Havannah sur toutes les campagnes 350
Tableau n°304 : Densités moyennes par station 350
Tableau n°305 : Biomasses moyennes par station 351
Tableau n°306 : Biodiversités 1 moyennes par station 352
Tableau n°307 : Biodiversités 3 moyennes par station 353
Tableau n°308 : Récapitulatif de la comparaison temporelle 354
Tableau n°309 : Récapitulatif de la comparaison spatialle 354
Tableau n°310 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne = spatiale) 355
Tableau n°311 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en ligne = temporelle) 356
Tableau n°312 : Classement des stations (A) et des années (B) à partir des paramètres évalués 356
Tableau n°313 : Clé de cotation du classement « Canal » 357
Tableau n°314 : Clé de cotation du classement « Prony » 357
Tableau n°315 : Cotation des stations en avril 2013 (avec rappel des 2 missions précédentes) 357
Tableau n°316 : Cotation des années depuis 2007 358
Tableau n°317 : Moyennes des paramètres étudiés et calculées sur l'ensemble des stations 358
Tableau n°318 : Systématique / Description de Pocillopora damicornis 361
Tableau n°319 : Taille des colonies coralliennes fixées sur les piquets de la ST01A 362
Tableau n°320 : Classement des années 370
Tableau n°321 : Annexe 01 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données 384
Tableau n°322 : Annexe 01 : Liste des poissons indicateurs 385
Tableau n°323 : Annexe 02 : Différences dans les conditions d'exécution des différentes campagnes d'échantillonnages 387

Tableau n°324 : Annexe 03 : Rapport de plongée 388
Tableau n°325 : Annexe 03 : Corrections des marées 388
Tableau n°326 : Annexe 02 : Agenda des marées (corrigées selon le lieu) 388
Tableau n°327 : Annexe 04 : Recouvrement du susbtrat (en %) pour toutes les catégories 389
Tableau n°328 : Annexe 04 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique 389
Tableau n°329 : Annexe 05 : Inventaire des coraux et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin) 390
Tableau n°330 : Annexe 05 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin) 392
Tableau n°331 : Annexe 05 : Inventaire des coraux et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) 396
Tableau n°332 : Annexe 05 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) 399
Tableau n°333 : Annexe 05 : Richesse spécifique du benthos par groupe 404
Tableau n°334 : Annexe 05 : Richesse spécifique des coraux par famille et transect 405
Tableau n°335 : Annexe 05 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs) 405*
Tableau n°336 : Annexe 05 : Richesse spécifique des coraux par famille et station 406
Tableau n°337 : Annexe 05 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et station (*hors coraux durs) 406*
Tableau n°338 : Annexe 05 : Richesse spécifique du macrobenthos par site 407
Tableau n°339 : Annexe 05 : Liste des espèces cibles (CdC) et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin) 407
Tableau n°340 : Annexe 05 : Liste des espèces cibles (CdC) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) 409
Tableau n°341 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Casy (ST01) 411
Tableau n°342 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Creek baie nord (ST02) 413
Tableau n°343 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Port (ST03) 414
Tableau n°344 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Woodin (ST04) 416
Tableau n°345 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Ioro (ST05) 419
Tableau n°346 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Ionontea (ST06) 422
Tableau n°347 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Basse Chambeyron (ST07) 424
Tableau n°348 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Puka (ST08) 427
Tableau n°349 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Bancs Kié (ST09) 429
Tableau n°350 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Ilot Kié (ST10) 432
Tableau n°351 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Toémo (ST11) 435
Tableau n°352 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Ugo (ST12) 437

Liste des Figures

Figure n°1 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long 27
Figure n°2 : Diagramme schématique d'un transect 29
Figure n°3 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable 31
Figure n°4 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A 41
Figure n°5 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B 41
Figure n°6 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST01) 43
Figure n°7 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01) 43
Figure n°8 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST01A) 45
Figure n°9 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST01A) 47
Figure n°10 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST01B) 49
Figure n°11 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST01B) 51
Figure n°12 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST01) 54

Figure n°13 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)..... 55
Figure n°14 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) .. 56
Figure n°15 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A..... 59
Figure n°16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B..... 59
Figure n°17 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST02)..... 61
Figure n°18 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)..... 61
Figure n°19 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST02A) 63
Figure n°20 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST02A) 65
Figure n°21 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST02B) 67
Figure n°22 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST02B) 69
Figure n°23 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST02)..... 71
Figure n°24 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)..... 73
Figure n°25 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) .. 74
Figure n°26 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A..... 78
Figure n°27 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B..... 78
Figure n°28 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C..... 78
Figure n°29 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST03)..... 80
Figure n°30 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)..... 80
Figure n°31 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST03A) 82
Figure n°32 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST03A) 84
Figure n°33 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST03B) 86
Figure n°34 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST03B) 88
Figure n°35 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST03C) 90
Figure n°36 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST03C) 91
Figure n°37 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST03)..... 93
Figure n°38 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)..... 95
Figure n°39 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) 96
Figure n°40 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A..... 99
Figure n°41 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B..... 99
Figure n°42 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C..... 99
Figure n°43 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04)..... 101
Figure n°44 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST04)..... 101
Figure n°45 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST04A) 103
Figure n°46 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST04A) 104
Figure n°47 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST04B) 106
Figure n°48 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST04B) 108
Figure n°49 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST04C) 110
Figure n°50 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST04C) 112
Figure n°51 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST04)..... 116
Figure n°52 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)..... 117
Figure n°53 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) 118
Figure n°54 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A..... 121
Figure n°55 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B..... 121
Figure n°56 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C..... 121
Figure n°57 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05)..... 123
Figure n°58 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors

coraux durs) (ST05) *123*
Figure n°59 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST05A) *125*
Figure n°60 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST05A) *127*
Figure n°61 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST05B) *129*
Figure n°62 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST05B) *131*
Figure n°63 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST05C) *132*
Figure n°64 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST05C) *134*
Figure n°65 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST05) *138*
Figure n°66 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) *140*
Figure n°67 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) ... *141*
Figure n°68 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A *144*
Figure n°69 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B *144*
Figure n°70 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C *144*
Figure n°71 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06) *146*
Figure n°72 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST06) *146*
Figure n°73 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST06A) *148*
Figure n°74 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST06A) *150*
Figure n°75 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST06B) *152*
Figure n°76 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST06B) *154*
Figure n°77 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST06C) *157*
Figure n°78 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST06C) *159*
Figure n°79 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST06) *163*
Figure n°80 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) *165*
Figure n°81 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) ... *166*
Figure n°82 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A *169*
Figure n°83 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B *169*
Figure n°84 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C *169*
Figure n°85 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST07) *171*
Figure n°86 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07) *171*
Figure n°87 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST07A) *173*
Figure n°88 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST07A) *175*
Figure n°89 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST07B) *177*
Figure n°90 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST07B) *179*
Figure n°91 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST07C) *181*
Figure n°92 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST07C) *182*
Figure n°93 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST07) *186*
Figure n°94 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) *187*
Figure n°95 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) *188*
Figure n°96 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A *191*
Figure n°97 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B *191*
Figure n°98 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST08) *193*
Figure n°99 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08) *193*
Figure n°100 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST08A) *196*
Figure n°101 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST08A) *198*

Figure n°102 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST08B) 200
Figure n°103 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST08B) 202
Figure n°104 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST08)..... 205
Figure n°105 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)..... 207
Figure n°106 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) 208
Figure n°107 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A..... 211
Figure n°108 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B..... 211
Figure n°109 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C..... 211
Figure n°110 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST09)..... 213
Figure n°111 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)..... 213
Figure n°112 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST09A) 215
Figure n°113 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST09A) 217
Figure n°114 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST09B) 219
Figure n°115 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST09B) 221
Figure n°116 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST09C) 223
Figure n°117 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST09C) 225
Figure n°118 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST09)..... 228
Figure n°119 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)..... 230
Figure n°120 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) 231
Figure n°121 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10A..... 234
Figure n°122 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10B..... 234
Figure n°123 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10C..... 234
Figure n°124 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST10)..... 236
Figure n°125 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST10)..... 236
Figure n°126 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST10A) 238
Figure n°127 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST10A) 240
Figure n°128 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST10B) 242
Figure n°129 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST10B) 244
Figure n°130 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST10C) 246
Figure n°131 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST10C) 248
Figure n°132 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST10)..... 252
Figure n°133 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)..... 253
Figure n°134 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10) 254
Figure n°135 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A..... 257
Figure n°136 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B..... 257
Figure n°137 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C..... 257
Figure n°138 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST11)..... 259
Figure n°139 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)..... 259
Figure n°140 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST11A) 261
Figure n°141 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST11A) 263
Figure n°142 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST11B) 265
Figure n°143 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST11B) 267
Figure n°144 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST11C) 269
Figure n°145 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST11C) 271

Figure n°146 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST11)....274
Figure n°147 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)....276
Figure n°148 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) 277
Figure n°149 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A....280
Figure n°150 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B....280
Figure n°151 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST12)....282
Figure n°152 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)....282
Figure n°153 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST12A) 284
Figure n°154 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST12A) 286
Figure n°155 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST12B) 288
Figure n°156 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST12B) 290
Figure n°157 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST12)....293
Figure n°158 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)....294
Figure n°159 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12) 295
Figure n°160 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique 296
Figure n°161 : Richesse taxonomique du benthos dans 4 groupes clés....300
Figure n°162 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne pour le canal de la Havannah302
Figure n°163 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah 302
Figure n°164 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne pour le canal Woodin....303
Figure n°165 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin 303
Figure n°166 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne pour la baie de Prony....304
Figure n°167 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony 304
Figure n°168 : Assemblage des coraux par famille pour les trois sites 307
Figure n°169 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites 307
Figure n°170 : Richesse spécifique corallienne selon les familles par station....308
Figure n°171 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par station 308*
Figure n°172 : Richesse spécifique corallienne selon les familles par transect....309
Figure n°173 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect 309*
Figure n°174 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station 311
Figure n°175 : Densité (nb ind/m²) de l'ichtyofaune par station 311
Figure n°176 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station 311
Figure n°177 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux scléractiniaires depuis 2009....321
Figure n°178 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2009 .325
Figure n°179 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2007....329
Figure n°180 : Comparaison des richesses spécifiques (coraux), par transect, depuis 2007....334
Figure n°181 : Comparaison des richesses spécifiques (biocénoses, hors coraux), par transect, depuis 2007 334
Figure n°182 : Indicateurs de l'état de santé des coraux entre avril 2013 et octobre 2012 335
Figure n°183 : Evolution des densités ichtyologiques moyennes depuis 2007....345
Figure n°184 : Evolution des biomasses ichtyologiques moyennes depuis 2007 347
Figure n°185 : Evolution des biodiversités 1 ichtyologiques moyennes depuis 2007 348
Figure n°186 : Evolution des biodiversités 3 ichtyologiques moyennes depuis 2007 350
Figure n°187 : Représentation par station des densités moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance 351
Figure n°188 : Représentation par station des biomasses moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance 352
Figure n°189 : Représentation par station des biodiversités 1 moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance 352
Figure n°190 : Représentation par station des biodiversités 3 moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance 353

Figure n°191 : Courbes de croissance des colonies coralliennes fixées sur les piquets du transect A de la station 01 363
Figure n°192 : Ecarts par station des résultats d'avril 2013 avec la moyenne 2007-2012 370
Figure n°193 : Exemple de schéma descriptif d'une station 374
Figure n°194 : Signification de symboles utilisés dans les schémas structuraux 383

Liste des Cartes

Carte n°1 : Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT) 25
Carte n°2 : Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth) 26
Carte n°3 : Localisation de la station 01 (Casy) 40
Carte n°4 : Localisation de la station 02 (Creek baie nord) 58
Carte n°5 : Localisation de la station 03 (Port) 77
Carte n°6 : Localisation de la station 04 (Woodin) 98
Carte n°7 : Localisation de la station 05 (Ioro) 120
Carte n°8 : Localisation de la station 06 (Ionontea) 143
Carte n°9 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron) 168
Carte n°10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka) 190
Carte n°11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié) 210
Carte n°12 : Localisation de la station 10 (Ilôt Kié) 233
Carte n°13 : Localisation de la station 11 (Toémo) 256
Carte n°14 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo) 279
Carte n°15 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin 314
Carte n°16 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah 315

Liste des Photos

Photo n°1 : Mise en place d'un piquet 32
Photo n°2 : Piquets doublés en début de transect A avec le ruban métré déroulé 32
Photo n°3 : Echantillonnage poissons 32
Photo n°4 : Echantillonnage LIT 32
Photo n°5 : Echantillonnage benthos 32
Photo n°6 : Vidéo 32
Photo n°7 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01) 40
Photo n°8 : Vue d'ensemble des transects (ST01) 42
Photo n°9 : Position en surface par rapport à la côte (ST02) 58
Photo n°10 : Vue d'ensemble des transects (ST02) 60
Photo n°11 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03) 76
Photo n°12 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03) 77
Photo n°13 : Vue d'ensemble des transects (ST03) 79
Photo n°14 : Position en surface par rapport à la côte (ST04) 98
Photo n°15 : Vue d'ensemble des transects (ST04) 100
Photo n°16 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05) 120
Photo n°17 : Vue d'ensemble des transects (ST05) 122
Photo n°18 : Position en surface (ST06) 143
Photo n°19 : Vue d'ensemble des transects (ST06) 145
Photo n°20 : Position en surface (ST07) 168
Photo n°21 : Vue d'ensemble des transects (ST07) 170
Photo n°22 : Position en surface par rapport à la côte (ST08) 190
Photo n°23 : Vue d'ensemble des transects (ST08) 192
Photo n°24 : Position en surface (ST09) 210

Photo n°25 : Vue d'ensemble des transects (ST09)....212
Photo n°26 : Position en surface par rapport à l'îlot Kié (ST10)....233
Photo n°27 : Vue d'ensemble des transects (ST10)....235
Photo n°28 : Position en surface par rapport à la côte (ST11)....256
Photo n°29 : Vue d'ensemble des transects (ST011)....258
Photo n°30 : Position en surface par rapport à la côte (ST12)....279
Photo n°31 : Vue d'ensemble des transects (ST12)....281
Photo n°32 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat....373

Crédit photographique : Grégory Lasne 2013 pour Biocénose, Valérie Vaillet 2013, pour AQUA TERRA.
Photographies aériennes : Google Earth

1 Préambule

La société Goro Nickel S.A.S. a réalisé un "état de référence" des habitats coralliens en 2005 dans le cadre de l'application de l'arrêté d'autorisation de mise en fonctionnement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n° 1769-2004/PS du 15 octobre 2004.
Cette étude de référence a été réalisée sur un réseau de 11 stations de mesures localisées dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et l'entrée du canal Woodin.
En l'absence de référence méthodologique officielle, la société Goro Nickel avait alors préconisé l'utilisation d'une variante de la méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [01] pour cette étude. Cette méthode d'échantillonnage est largement utilisée par les experts pour l'évaluation de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés.

Suite à la transmission des résultats de l'étude, la Direction de l'Environnement (DENV) a émis un certain nombre de commentaires notamment sur la méthodologie employée. La DENV a demandé à la société Goro Nickel SAS d'organiser un atelier de travail spécifique afin d'établir un protocole de référence pour le suivi temporel futur des communautés marines.
Cet atelier de travail s'est tenu le 3 mars 2006 à Nouméa avec la participation des experts institutionnels (Institut de Recherche pour le Développement, Université de Nouvelle Calédonie, Commission du Pacifique Sud) et des bureaux d'études locaux, et une démarche méthodologique d'échantillonnage et d'analyse a été proposée au regard des objectifs fixés.
Un programme détaillé pour réaliser le suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés sur un ensemble de 11 stations de mesures prédéfinies et suivant le protocole d'échantillonnage et les méthodes d'analyse validés à l'issue de l'atelier de travail précité a donc été rédigé pour servir de cahier des charges (cf. annexe 01).

La société Goro Nickel S.A.S., puis Vale Inco Nouvelle Calédonie et dernièrement Vale Nouvelle-Calédonie, a alors fait réaliser une nouvelle campagne en septembre 2007, en octobre 2008, en juin 2009, en mars-avril et septembre 2010, en mars et septembre 2011, en avril et octobre 2012 puis en avril 2013 sur la base de ce cahier des charges, dans le cadre de la mise en place d'une base de données en vue d'une surveillance du milieu marin au démarrage de l'usine Goro Nickel.

Ce rapport présente les résultats de la campagne réalisée en avril 2013 (du 02 au 06 + le 20 avril) et répond aux exigences du cahier des charges initial, transmis lors de l'appel d'offre[1].

Le Mandataire est ici la SARL AQUA TERRA, représentée par Valérie VAILLET, aidé par deux partenaires majeurs : ACREM pour la partie Ichtyologique et BIOCENOSE MARINE pour la partie Benthique[2].

[1] Avec le rajout d'une nouvelle station : ST12, sur l'îlot Ugo depuis juin 2009.
[2] Les données fournies par ces deux sociétés, le sont sous leur entière responsabilité. La SARL AQUA TERRA ne peut être tenue à une quelconque implication dans leurs résultats.

2 Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est d'effectuer un suivi de l'état des communautés coralliennes sur un ensemble de stations de mesures afin d'alimenter une base de données qui permettra de :

- Evaluer la variabilité naturelle des stations et d'optimiser l'effort d'échantillonnage par une étude de puissance ;
- Suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles du projet Goro Nickel.

Ce suivi se fait à travers l'échantillonnage de 3 thèmes : l'habitat (le substrat), les macro-invertébrés épibenthiques (simplifié par la suite en « benthos ») et les poissons.

Pour le substrat, l'analyse temporelle doit permettre de montrer les variations entre les pourcentages de couverture corallienne, de végétaux, d'éponges, ….
Les pourcentages de substrat biotique et de substrat abiotique doivent également être mis en évidence.

L'échantillonnage du benthos doit permettre de montrer si des changements ont lieu sur des taxons cibles.

Enfin, l'échantillonnage des poissons doit permettre d'évaluer les variations de divers paramètres liés à la structure des populations ciblées, en relation avec l'impact potentiel de l'usine et de ses activités ou toute autre cause de changements.

L'analyse temporelle a été faîte selon les données historiques disponibles des campagnes précédentes de 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2012.
Cependant, cette comparaison est limitée avec les résultats de 2005, car seulement 9 des 11 stations prédéfinies ont été échantillonnée en 2005 et les méthodologies d'échantillonnage étaient légèrement différentes, notamment en ce qui concerne le nombre et la longueur des transects (deux transects de 50 m avaient été définis par station en 2005, contre trois transects de 20 m par la suite) (cf. tableau 323 annexe 02).

Du fait de la participation de 2 autres spécialistes (ACREM en ichtyologie et BIOCENOSE MARINE en benthos), une partie de leurs données ou commentaires généraux est reprise dans le corps du rapport.
Par ailleurs, leurs résultats sont retranscrits intégralement, sous leur responsabilité, dans les paragraphes concernés.

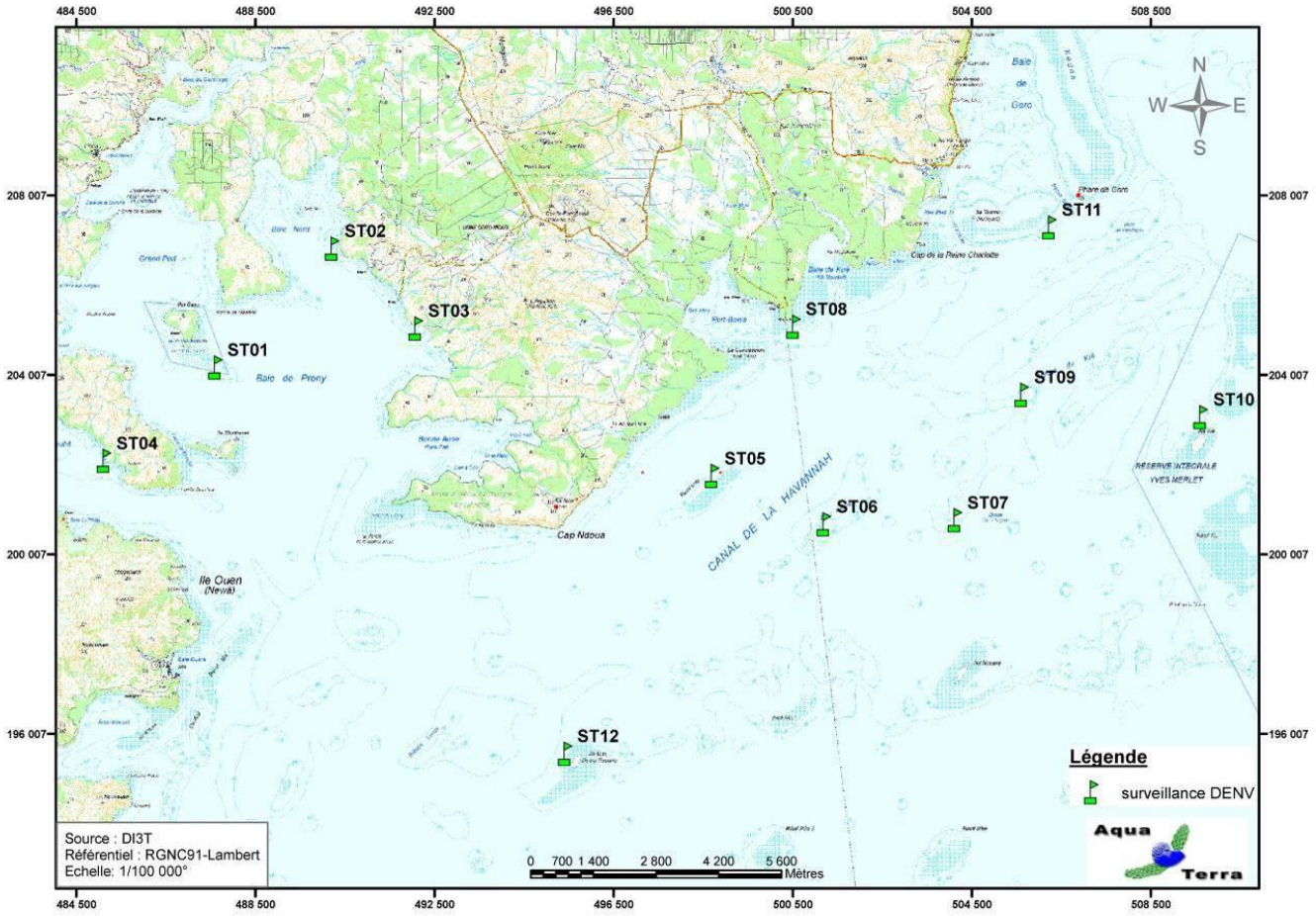
3 Méthodologie

Les méthodologies appliquées dans le cadre de cette étude ont rigoureusement respecté le cahier des charges élaboré sous contrôle de la DENV et fourni par Vale Nouvelle-Calédonie pour l'appel d'offre préalable à ce contrat.

3.1 Zone d'étude

3.1.1 Contexte général

La zone d'étude générale comprend la zone principale du lagon pouvant être influencée par le projet (de manière directe ou indirecte) ainsi que des stations de référence.
C'est donc, dans le Sud de la Grande Terre : la baie de Prony, le canal Woodin et le canal de la Havannah.
Le contexte géographique général est présenté sur la carte 01.



Carte n°1 : Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT)

3.1.2 Présentation des stations

3.1.2.1 Les stations

Au début, l'étude portait sur les 11 stations de mesures prédéfinies.
A partir de la campagne de juin 2009, à la demande de la tribu de l'île Ouen, une station supplémentaire (ST12, Ugo) a été ajoutée.
Les 12 stations sont donc localisées ainsi :

- 7 + 1 = 8 stations dans le canal de la Havannah,
- 3 stations dans la baie du Prony,
- 1 station à l'entrée du canal Woodin.

Les coordonnées de ces stations sont données dans le tableau 01.
Elles avaient été fournies dans le cahier des charges et elles ont été vérifiées sur le terrain par un GPS (Garmin GPSmap 60CSx), dont la précision est métrique. Le cas échéant, elles ont été reprises et affinées et sont donc modifiées dans ce tableau (cellules grisées) par rapport à celles d'origines (du cahier des charges).
Par défaut, elles correspondent au piquet de départ (0 mètre) du transect A.

Tableau n°1 : Coordonnées des stations d'échantillonnage

			Coordonnées (RGNC 91)	
STATIONS			LONGITUDE	LATITUDE
Baie de Prony	Ilot Casy	01	166°51.033	22°21.799
	Creek Baie Nord	02	166°52.546	22°20.356
	Port	03	166°53.639	22°21.312
Canal Woodin	Woodin	04	166°49.593	22°22.933
Canal de la Havannah	Récif Ioro	05	166°57.507	22°23.072
	Banc Ionontea	06	166°58.995	22°23.650
	Basse Chambeyron	07	167°00.671	22°23.591
	Récif pointe Puka	08	166°58.554	22°21.264
	Bancs de Kié	09	167°01.529	22°22.070
	Ilot Kié	10	167°03.862	22°22.324
	Récif Toémo	11	167°01.875	22°20.046
	Ugo	12	166°55.615	22°26.438

Les stations sont positionnées sur la photographie aérienne en carte 02.



Carte n°2 : Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth)

3.1.2.2 Les transects

En accord avec le cahier des charges de la méthodologie générale applicable pour le projet Goro Nickel et adapté aux caractéristiques morphologiques des stations, plusieurs transects ont été définis, comme décrits dans le tableau 02.

Le cahier des charges prévoit de travailler sur des transects (ligne) de 20 mètres de long.
Ainsi, à chaque station, trois transects de 20 m sont positionnés, en fonction de la profondeur :

- sur le haut du tombant (noté A),
- sur le milieu du tombant (noté B),
- sur le bas du tombant (mais au maximum à 20 m de profondeur, et à l'exclusion des zones de vase et dans ce cas, le transect est effectué avant la zone de vase) (noté C).

Quatre stations n'ont que 2 transects (ST01, ST02, ST08 et ST12) et la profondeur de chacun des transects (tableau 02) provient des relevés effectués lors de la présente mission.

Tableau n°2 : Caractéristiques des transects selon les stations

STATION	LOCALISATION	NOMBRE DE TRANSECTS	PROFONDEUR (m) DES TRANSECTS		
			A	B	C
01	Ilot Casy	2	7	10	-
02	Creek Baie Nord	2	10	12	-
03	Port	3	5	10	13
04	Woodin	3	4	11	21
05	Récif Ioro	3	5	10	20
06	Banc Ionontea	3	9	15	21
07	Basse Chambeyron	3	7	17	22
08	Récif pointe Puka	2	9	12	-
09	Bancs de Kié	3	7	17	20
10	Ilot Kié	3	10	16	21
11	Récif Toémo	3	6	11	20
12	Ugo	2	5	13	-

Pour matérialiser les transects, 3 piquets permanents ont été positionnés sur chacun : au départ, soit 0 m ; à 10 m et à la fin, soit 20 m. Par ailleurs un 2ème piquet a été posé au point 0 m du 1er transect (le plus haut).
Une station classique (avec 3 transects) peut donc être schématisée comme dans la figure 01.

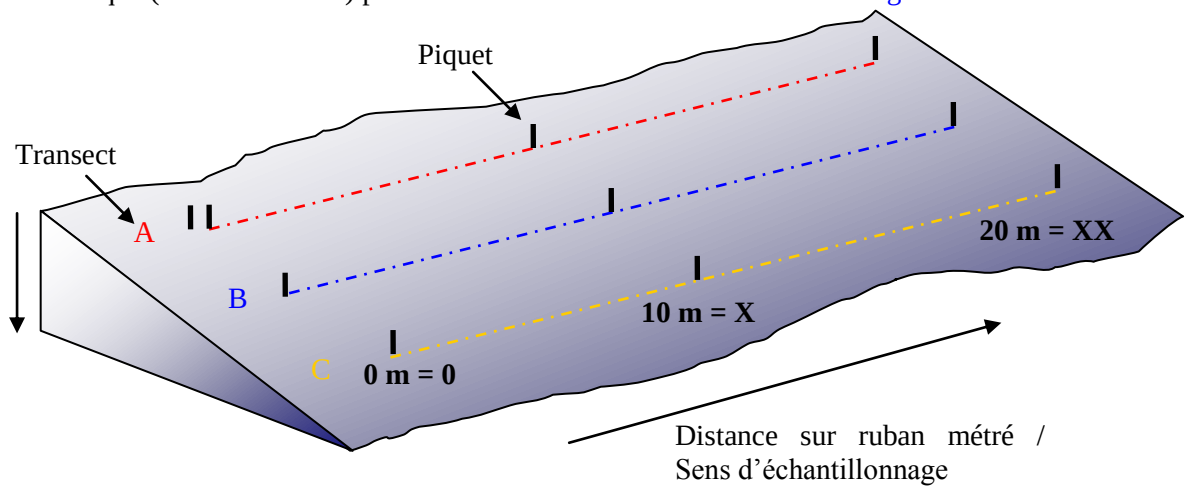


Figure n°1 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long

Par mesure de commodité, dans la suite du rapport, les photos, figures etc. seront notées en abrégé par rapport à

leur situation : le numéro de la station, la lettre du transect et le chiffre (en romain) de la longueur par rapport au ruban. Ainsi une photo prise sur le piquet de fin (à 20 m de distance) du transect du milieu de la station de Casy, sera abrégée en : ST01BXX.
Dans les schémas structuraux, les encadrés des photos sont de la couleur du transect : rouge pour le A, bleu pour le B et jaune pour le C.

3.2 Les travaux d'échantillonnage

3.2.1 Vérification des stations

Les travaux d'échantillonnages sur site peuvent être séparés en deux grandes phases :

- il faut au préalable localiser les stations sur le terrain (coordonnées GPS) et les vérifier sous l'eau,
- ensuite l'échantillonnage lui-même a été réalisé, selon le cahier des charges de la méthodologie générale applicable pour le projet Goro Nickel. La récolte des données a porté sur l'habitat (le substrat), le benthos et les poissons ainsi qu'en la réalisation de vidéos et de photos.

3.2.1.1 Positionnement

Les coordonnées des stations, préalablement calculées grâce aux cartes fournies par le Client, ont été rentrées dans le GPS (appareil Garmin GPSmap 60CSx), dont la précision est métrique.
Une fois rendue sur place, l'équipe a vérifié la concordance entre ces coordonnées et les profondeurs aussi prévues selon les cartes, grâce au sondeur du bateau.

Une reconnaissance en PMT (palmes / masque / tuba, de la surface) a alors été effectuée afin de repérer les piquets marquants les transects de la station.
Les plongeurs emmenent à cette occasion une bouée qu'ils attachent au 1er piquet (0 m) du 1er transect haut (le A), afin de permettre la prise des coordonnées exactes par GPS.
Lorsque les transects sont éloignés les uns des autres, cette manœuvre est répétée pour chacun.

3.2.1.2 Matérialisation

La méthode de suivi temporel statistique retenue pour le projet Goro Nickel, exige que les échantillonnages soient toujours réalisés sur les mêmes zones.
Cette précision implique la matérialisation physique de la station sous l'eau.
Les stations avaient toutes été matérialisées en 2005 puis vérifiées ou rematérialisées en 2007 & 2008.

3.2.1.2.1 Organisation « matérielle »

Le parfait état du marquage des stations étant primordial pour un suivi temporel, les piquets absents, tombés, branlants, etc. ont été systématiquement remplacés (cf. tableau 324 en annexe 03).
Pour « planter » un piquet, les consignes importantes à respecter sont :

- choisir obligatoirement un substrat abiotique,
- enfoncés suffisamment les piquets pour que ceux-ci ne puissent plus bouger.

Pour la résistance à l'oxydation, au recouvrement par les organismes marins, … et faciliter leur perception visuelle sous l'eau, les piquets employés pour cette campagne étaient en acier galvanisé dont les caractéristiques sont les suivantes :

- longueur : 2 mètres,
- diamètre : 12 mm,
- peinture de protection grise et bande de marquage visuel (20 cm) en haut orange fluo,
- une pointe effilée.

Pour placer à bonne distance les piquets, un ruban métré est déroulé.

3.2.1.2.2 Organisation « temporelle »

L'échantillonnage du substrat étant basé sur la méthode en continu sur une ligne fixe, il est primordial pour la fiabilité du suivi de retrouver les transects placés précédemment et de les entretenir.
Cependant, cette maintenance peut influer sur la biocénose : les mouvements des plongeurs et le bruit occasionné

par les coups sur les piquets peuvent perturber la faune pélagique (attraction ou au contraire fuite).
Par ailleurs, selon le substrat, cet effort peut rendre la visibilité très mauvaise du fait de la mise en suspension de sédiments fins du fond.

Pour éviter de fausser les données d'échantillonnage, elle a donc été pratiquée en 2 temps :

- Une première plongée préalable a permis de rechercher et retrouver les stations et leurs transects et de vérifier soigneusement leur état. Les opérations de maintenance nécessaires ont alors été réalisées.
- La plongée d'échantillonnage a été effectuée ultérieurement.

3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat

L'analyse temporelle doit permettre de montrer les variations entre les pourcentages de couverture corallienne, de végétaux, d'éponges, ….
Les pourcentages de substrat biotique et de substrat abiotique doivent aussi bien être mis en évidence.

Pour cela, c'est la méthode dite « LIT » qui a été appliquée.
La méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [01] est largement utilisée par les experts locaux pour l'évaluation de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés.
Cette méthode est dite à points fixes car seules les espèces et le substrat sous le transect sont notés.
Cette méthode permet d'évaluer la variabilité du substrat (suivi environnemental tous les semestres et/ou tous les ans). Cependant le LIT n'est pas représentatif de la biodiversité de la zone car les données prisent en compte sont exclusivement celles sous le ruban.

L'évaluation du substrat a été faîte le long du transect (sous le ruban) selon le principe des classes continues, avec une résolution de 10 cm.

Le principe est de noter à chaque changement de catégorie de substrat (= classe) la distance donné par le ruban, comme schématisé dans la figure 02 : le diagramme montre les points de transition (D) de chaque catégorie de substrat rencontré sous le transect. La différence entre deux points de transition est la "longueur" correspondante à cette catégorie.

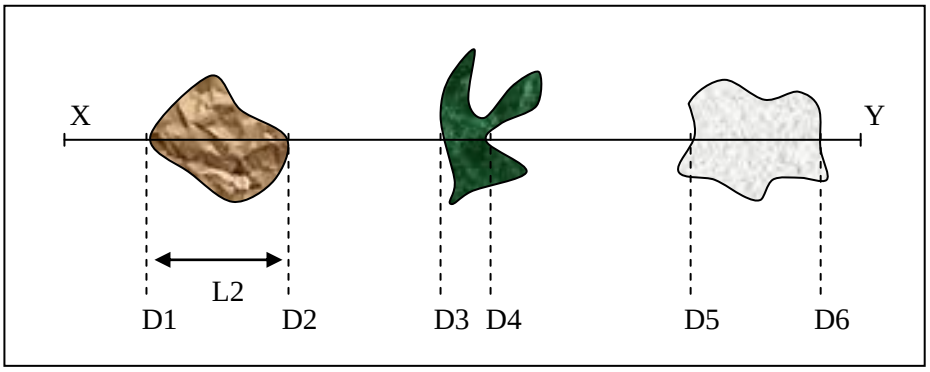
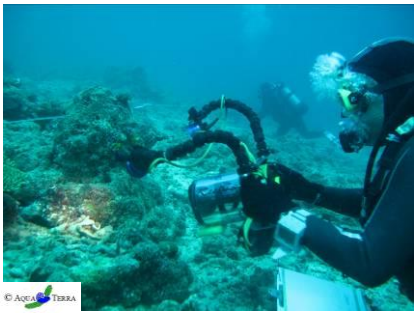


Figure n°2 : Diagramme schématique d'un transect

Les classes retenues (au nombre de 28) sont adaptées de celles préconisées par English et al. [01] pour le « Line Intersept Transect » (« life forms »), et présentées dans le tableau 321 en annexe 01.

Une vidéo de chaque transect, ainsi que des photographies des objets représentatifs, ont été effectuées à des fins de stockage, permettant de revenir ultérieurement de façon qualitative sur des variations ayant été démontrées quantitativement avec le LIT.



3.2.3 Protocole pour l'étude du benthos

Cet échantillonnage doit permettre de quantifier la richesse spécifique (biodiversité) et de montrer si des changements ont lieu sur **des taxons cibles** (cf. cahier des charges, annexe 01).

Pour cela, c'est la méthode d'observation sur couloirs qui a été appliquée.
Le couloir fait une largeur de 5 mètres (2.5 mètres de part et d'autre de chaque transect de 20 mètres de longueur). Cette méthode donne une bonne représentation des communautés benthiques (inventaires faunes et flores) et du substratum (description géomorphologique) car une zone importante est prospectée et étudiée (100 m² pour chaque transect soit 300 m² par station théorique).
L'échantillonnage des stations comprend les communautés biotiques (les coraux scléractiniaires, les macrophytes et les invertébrés) et le substratum.

Les taxons cibles retenus sont :
- les algues et phanérogames (présence / absence), à déterminer au niveau du genre,
- les étoiles de mer, les oursins et les holothuries (densité), à déterminer au niveau de l'espèce,
- les crinoïdes (présence / absence),
- les cliones (densité),
- les bénitiers et les trocas (densité).

- Prestations complémentaires

Par rapport au cahier des charges, le travail a été approfondi, et l'échantillonnage a été en fait le plus exhaustif possible (tous les organismes benthiques et non que les taxons cibles), avec une détermination au niveau taxonomique le plus bas possible.

Par contre, la densité en organisme dans une zone d'étude étendue est difficile à évaluer précisément et peut conduire à de nombreuses erreurs. Afin de simplifier les opérations sous-marines et d'éviter les erreurs d'abondance, une échelle de recouvrement de 1 à 5 (tableau 03) a été mise en place au sein des groupes faunistiques suivant :
- Scléractiniaires (coraux) à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Algues à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Spongiaires et ascidies à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Bénitiers, trocas à l'échelle du genre.
- Echinodermes (étoiles de mer, oursins, holothuries, crinoïdes) à l'échelle du genre.

Cette échelle d'abondance a été modifiée par rapport à l'échelle d'abondance de English et al, 1997 [01]. Elle a été élaborée afin de caractériser l'abondance spécifique ou générique des biocénoses marines. Ainsi les pourcentages de recouvrement ont été réduits pour les indices (numéroté de 1 à 5) afin de pouvoir décrire les scléractiniaires, les macrophytes et les invertébrés sur l'ensemble de l'échelle.

Tableau n°3 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique

ECHELLE	RECOUVREMENT	ABONDANCE (nb individus ou colonies / 100 m²)
1	Rare	1
2	Faible	2 à 10
3	Moyen	11 à 20
4	Fort	21 à 41
5	Important	plus de 41

Certains genres de scléractiniaires (coraux durs) s'édifient en de grandes colonies de plusieurs mètres carrés (en particulier les formes massives, *Porites* spp., *Lobophyllia* spp., *Platygyra* spp., *Diploastrea heliopora*). Une seule de ces colonies peut ainsi construire un massif atteignant jusqu'à 10 mètres de diamètre. Dans ce cas, le fait d'indiquer le nombre de colonies n'a pas de sens. Pour ces espèces, une échelle paramétrée supplémentaire de 1 à 5 tient compte des mètres carrés colonisés par les colonies sur le couloir (pourcentage de recouvrement) (tableau 04).

Tableau n°4 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m²)

ECHELLE	RECOUVREMENT	ABONDANCE (surface / 100 m²)
1	Rare	< 0.5% (soit < 0.5 m² / 100 m²)
2	Faible	> 0.5% (soit > 0.5 m² / 100 m²)
3	Moyen	> 5% (soit > 5 m² / 100 m²)
4	Fort	> 10% (soit > 10 m² / 100 m²)
5	Important	> 15% (soit > 15 m² / 100 m²)

Des photographies et des vidéos ont été réalisées afin d'illustrer les observations terrain.

3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons

Ce protocole doit permettre d'évaluer les variations de divers paramètres liés à la structure des populations ciblées, en relation avec l'impact potentiel de l'usine et de ses activités ou toute autre cause de changements.

Pour cela, c'est la méthode dite des transects à largeur variable « TLV » qui a été appliquée.
Les poissons sont échantillonnés par comptage visuel sous-marin comme précisé dans la figure 03 : un ou deux plongeurs progressent le long du transect et comptent les espèces retenues de part et d'autre.
Au cours de cette opération les plongeurs notent pour chaque espèce le nombre d'individus et estiment leur taille et leur distance perpendiculaire au transect.
Lorsque que les individus d'une même espèce sont en banc, le plongeur note la distance du poisson le plus proche (D1) et la distance du poisson le plus éloigné (D2).

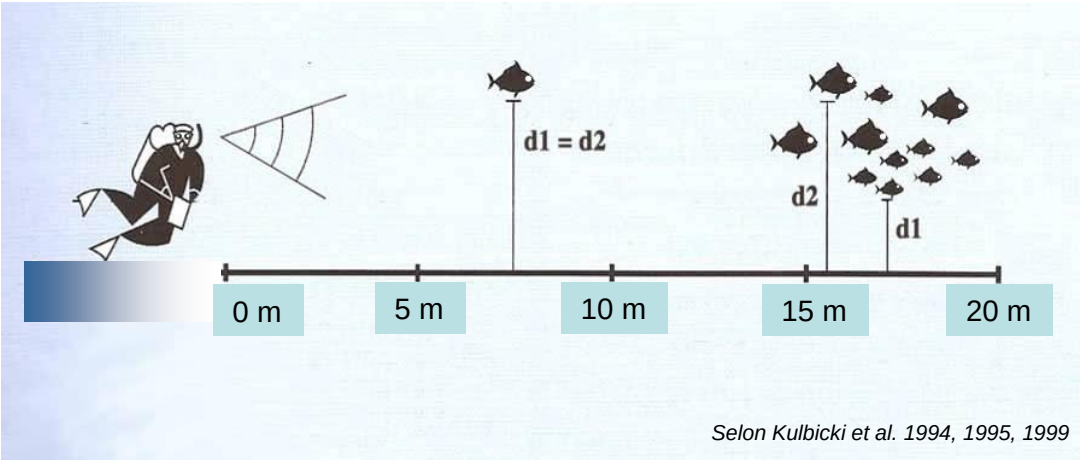


Figure n°3 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable

Les poissons qui doivent être comptabilisés sont listés dans le tableau 322 de l'annexe 01.
Ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

- Prestations complémentaires

1/ Liste complète
Le biologiste responsable de cet échantillonnage est spécialisé en écologie marine et notamment dans les poissons récifaux. Il a donc échantillonné l'ichtyofaune pour toutes les espèces présentes.
La nomenclature et l'orthographe des espèces, des genres et des familles sont celles utilisées par Randall J. E. [02].
2/ Zone complète
Par ailleurs la superficie échantillonnée a été agrandie à la station complète et non seulement aux seuls transects : Les poissons ont donc été repérés sur une surface de 25 ares environ. Elle comprend la zone où ont été placés les transects et deux zones équivalentes de part et d'autre de cette dernière. Le plongeur se déplace lentement en notant les nouvelles espèces et cesse lorsque plus aucune nouvelle espèce n'est repérée depuis au moins 5 mn. Il peut donc repérer des espèces supplémentaires sur la zone des transects, espèces qui étaient restées invisibles

depuis la ligne matérialisée par le pentadécamètre - où se tient obligatoirement le plongeur qui réalise un TLV - et repérer également des espèces du voisinage qui dans d'autres conditions auraient pu se trouver sur le transect. Ce complément de biodiversité permet de limiter les erreurs d'interprétation des « absences » faites à partir de la biodiversité de la première partie.

3.3 Période d'échantillonnage

La mission terrain a été déclenchée par la date de l'appel d'offre puis celle de la commande du présent contrat.
La période a été ensuite ajustée en fonction des coefficients de marée ainsi que de la lune (vives eaux ou mortes eaux) (détails dans les tableaux de l'annexe 03).

L'échantillonnage a donc été effectué du 02 au 06 avril 2013 + le 20 avril pour la station ST09 Bancs Kié, les conditions sur site ne permettant pas d'y plonger (en sécurité) avant (plusieurs essais infructueux).



Photo n°1 : Mise en place d'un piquet



Photo n°2 : Piquets doublés en début de transect A avec le ruban métré déroulé



Photo n°3 : Echantillonnage poissons



Photo n°4 : Echantillonnage LIT



Photo n°5 : Echantillonnage benthos



Photo n°6 : Vidéo

Les paramètres de chaque plongée ont été notés par la personne de surface, au fur et à mesure.
Ils comprenaient notamment (liste non exhaustive) :

- le numéro de la station,
- le nom du site,
- les coordonnées de la station en degrés, minutes et dixièmes de minute pour la longitude et pour la latitude,
- la date de la plongée,
- l'heure du début de la plongée sur la station,
- les conditions météorologiques lors de cette mission (vent, force et direction, pluie ou ensoleillement),
- la profondeur maximale et le temps de plongée,
- l'horaire des marées et les coefficients,
- le courant, la force approximative et la direction,
- la houle ou les vagues et le ressac qui peuvent gêner la mission,

- la visibilité,
- l'état de la station, la maintenance effectuée et les difficultés ou remarques éventuelles,
- la tâche effectuée par l'équipe et par chaque personne.

Ces données ont été regroupées dans un rapport de plongée présenté dans l'annexe 03.

Des photos représentatives des différentes étapes de la mission d'échantillonnage sont présentées ci-dessus (photographies 01 à 06).

3.4 Le traitement des données

3.4.1 Pour le substrat

Comme vu sur la figure 02, paragraphe 3.2.2, le principe d'échantillonnage par LIT est de noter à chaque changement de catégorie de substrat (= classe) la distance donnée par le ruban. La différence entre deux points de transition est alors la "longueur" correspondante à cette catégorie.

Le traitement consiste ici à faire le calcul du pourcentage de recouvrement de chaque classe, qui est obtenu par la somme de "ses longueurs" divisée par la longueur du substrat multipliée par 100, comme montré dans l'exemple (tableau 05) ci-dessous (qui se réfère à la figure 02).

Tableau n°5 : Exemple de calcul pour le recouvrement du substrat

DISTANCE	LONGUEUR	CLASSE
X - D1	L1 = D1-0	S
D1 - D2	L2 = D2-D1	RC
D2 - D3	L3 = D3-D2	S
D3 - D4	L4 = D4-D3	MA
D4 - D5	L5 = D5-D4	S
D5 - D6	L6 = D6-D5	DC
D6 - Y	L7 = Y-D6	S

Ainsi, par exemple, le pourcentage de couverture en sable (S) = (L1+L3+L5+L7) / XY * 100

Les classes qui sont au nombre de 28 (tableau 321 de l'annexe 01) ont été regroupées en 12 principales composantes comme montrées aussi dans ce tableau, afin de pouvoir simplifier les interprétations.
Ces composantes reprennent les groupes faunistiques (coraux scléractiniaires, autres coraux, alcyonaires, autres organismes, algues, algues sur corail mort) ainsi que le matériel composant le substrat (corail mort, débris, sable, dalle, vase, eau).
Elles sont alors exprimées en pourcentages pour chaque transect et présentées sous forme de graphiques pour permettre une comparaison visuelle rapide.

Les comparaisons insistent sur les rapports entre :
- Corail vivant / Corail mort ;
- Corail vivant / Algues + autres invertébrés ;
- Abiotique total / Biotique total, dont Coraux scléractiniaires.

3.4.2 Pour le benthos

La recherche de paramètres écologiques types (et représentatifs) ont été réalisés sur les taxons cibles :

- listing au niveau taxinomique demandé,
- richesse spécifique (le cas échéant),
- diversité,
- densité,
- abondance relative.

Ces résultats seront comparés entre les transects et les stations.
Par ailleurs, afin de pouvoir évaluer rapidement le changement d'état d'une station d'une mission à une autre (recrutement, mortalité, blanchissement et abondance), un code couleur simple à été établi, comme décrit dans le tableau 06.

Tableau n°6 : Code couleur pour la comparaison temporelle d'une même station

Nouvelle espèce recensée	Recrutement si la colonie est juvénile et/ou nouvelle espèce recensée dans le couloir ou la zone prospectée par rapport à la dernière mission
Mortalité	Espèce absente dans le couloir par rapport à la dernière mission
Blanchissement	Espèce influencée par le blanchissement et de couleur blanche
Recolonisation zooxanthelles	Colonie en cours de recolonisation par les zooxanthelles (couleur pâle) Elle présente de grandes chances de survie
Espèce cible	Espèce cible (biocénose hors coraux)
Mobilité	Espèce corallienne absente mais non comptabilisée en « mortalité » car mobile et l'exosquelette n'a pas été retrouvé dans la station
Echelle (1 à 5)	Augmentation de l'abondance par rapport à la dernière mission
Echelle (1 à 5)	Diminution de l'abondance par rapport à la dernière mission
Echelle (1 à 5)	Pas de changement de l'abondance par rapport à la dernière mission

Prestations complémentaires

Le biologiste responsable de cet échantillonnage est spécialisé dans l'inventaire des biocénoses benthiques marines et particulièrement en taxonomie corallienne. Il a donc échantillonné le milieu pour tous les organismes et ce jusqu'au niveau taxinomique le plus bas possible.
La restitution des données comprend donc aussi :

- la liste taxonomique des biocénoses benthiques,
- les tableaux des groupes biotiques et abondance.

La grille de lecture des tableaux de variations entre 2 missions (mission actuelle *vs* mission précédente) est dinnée ci-dessous.

- Biocénoses : ensembles des espèces vivantes coexistant dans un espace défini.

Cependant, pour cette étude il est fait une différence entre les Biocénoses* et les Coraux* :

- Biocénoses* : englobe l'ensemble des espèces benthiques hors Coraux*
- Coraux* : Scléractiniaires, Millepores, Antipathaires, Stolonifères
- n : nombre d'espèce
- i : degré d'abondance compris entre 1 et 5 (échelle semi quantitative relative au nombre de colonie par unité de surface)
- A : Abondance (nombre de colonie par unité de surface)
- B : Blanchissement (nombre de colonies blanchies par unité de surface)
- Liste taxonomique (*Genre espèce*)

- **Evolution de la richesse spécifique des Coraux* et des Biocénoses* :**

  - *Genre sp. (+n spp) :* n espèce du genre cité a nouvellement été recensée
  - *Genre sp. (-n spp) :* n espèce du genre cité a disparu

- **Variation d'abondance « A » :**
  - Ai : l'espèce est abondante au degré « i » compris entre A1 à A5
  - Ai /+ x : l'espèce est abondante au degré « i » mais a **augmenté d'abondance** de **«+x »** degré(s) depuis la mission précédente
  - Ai /- x : l'espèce est abondante au degré « i » mais a **diminué d'abondance** de **« -x »** degré(s) depuis la mission précédente

- **Blanchissement corallien « B » :**

  - **Espèce(s) blanchie(s) :**
  - « n total» espèce blanchies
  - Pourcentage d'espèces blanchies : (espèces scléractiniaires blanchies / nb total des espèces scléractiniaires)*100
  - Dont « n » espèces précédemment blanchies
  - Dont « n » espèces nouvellement blanchies
  - N : Espèce **Nouvellement** blanchie depuis à la mission précédente
  - B i : l'espèce est blanchie au degré(s) B1à B5

  - **Evolution du blanchissement :**
  - ΔB +i : Le blanchissement de l'espèce à **augmenté** de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
  - ΔB -i : Le blanchissement de l'espèce à **diminué** de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
  - *Øß* : l'espèce **n'est plus blanchie** par rapport à la mission précédente.

3.4.3 Pour les poissons

Les résultats des comptages par TLV reprennent la nomenclature et l'orthographe des espèces, des genres et des familles de Randall J. E. [02].
Le nom des familles est abrégé dans les différentes tableaux, tel que défini dans le tableau 07.

Ces résultats quantitatifs sont présentés sous deux listings :
- un premier qui représente exactement les comptages obtenus sur les TLV (sur les transects),
- un deuxième, qui présente les espèces « complémentaires » : Ce sont les espèces qui n'ont pas été vues lors de la réalisation du TLV. Soit qu'elles soient arrivées plus tard sur le transect, soit qu'elles étaient présentes mais invisibles depuis la ligne centrale du TLV ou encore qu'elles étaient sur la station mais situées en dehors des limites du TLV. Ce sont les espèces de la « station ».

Tableau n°7 : Lexique des abréviations des familles

FAMILLES	ABREVIATIONS	FAMILLES	ABREVIATIONS	FAMILLES	ABREVIATIONS
Acanthuridae	**Aca**	Engraulidae	Eng	**Nemipteridae**	**Nem**
Anthiinidae	**Ant *(Serranidae)***	Ephippidae	Eph	Ophidiidae	Oph
Apogonidae	Apo	**Epinephelinae**	**Epi *(Serranidae)***	Ostraciidae	Ost
Atherinidae	Ath	Fistulariidae	Fist	Pinguipedidae	Pin
Aulostomidae	Aul	**Gobiidae**	**Gob**	Platacidae	Pla
Balistidae	**Bal**	Grammistidae	Gra (Serranidae)	**Pomacanthidae**	**Poc**
Blenniidae	**Ble**	**Haemulidae**	**Hae**	**Pomacentridae**	**Pom**
Caesionidae	**Cae**	Holocentridae	Hol	Priacanthidae	Pri
Canthigasteridae	**Can**	**Kyphosidae**	**Kyp**	**Pseudochromidae**	**Pse**
Carangidae	**Car**	**Labridae**	**Lab**	**Ptereleotridae**	**Pte**
Carcharhinidae	**Carc**	Latridae	Lat	**Scaridae**	**Sca**
Centriscidae	Cen	Leiognathidae	Lei	**Scombridae**	**Scom**
Chaetodontidae	**Cha**	**Lethrinidae**	**Let**	**Scorpaenidae**	**Sco**
Cirrhitidae	Cir	**Lutjanidae**	**Lut**	**Siganidae**	**Sig**
Dasyatidae	**Das**	Microdesmidae	Mic	Sphyraenidae	Sph
Diodontidae	Dio	Monacanthidae	Mon	Synodontidae	Syn
Dussumieriinae	Dus	**Mullidae**	**Mul**	**Tetraodontidae**	**Tet**
Echeneidae	Ech	Muraenidae	Mur	**Zanclidae**	**Zan**

Les familles retenues par la DENV sont en caractères gras

La densité et la biomasse des poissons sont calculées selon les formules théoriques suivantes :

- Densité (poissons/m²) = $\mathbf{D = (2L)^{-1}} \sum_{i=1}^{p} n_i \, d_i^{-1}$

- Biomasse (g/m²) = $\mathbf{W = (2L)^{-1}} \sum_{i=1}^{p} w_i \, d_i^{-1}$

Où :

- *L : longueur du transect (20 m)*
- *ni : nombre d'individus de l'espèce i*
- *wi : poids de l'espèce i (g) (de l'espèce i : donc de tous les individus i de cette espèce)*
- *di : distance moyenne de l'espèce i au transect (m)*
- *p : nombre d'espèces.*

Le poids des individus (en g) a été estimé d'après leur taille en utilisant une relation d'allométrie taille-poids, du type : $wi = a li^b$

Où :

- *li = longueur du poisson*
- *a et b = variables*

Ces variables sont des coefficients mis au point par Kulbicki & al. [03] pour environ 350 poissons du lagon. Ils sont utilisés couramment et notamment par la CPS dans le logiciel de traitement qu'ils ont élaboré.

Donc, dans le cas présent, par rapport aux tableaux et aux variables qui sont présentés, voici un exemple de calcul (tableau 08).

Tableau n°8 : Exemple de calcul pour « poisson »

Espèce	Nombre (ni)	Longueur (li) cm	Poids (wi) g	D1	D2	Surf m²	Densité (D) / m²	Biomasse (W) g/m²	a	b
Pomacentrus aurifrons	20	3	15,52	1	1,5	25	0,8	0,621	0,028	3,02

ni = nombre de poissons observés de cette espèce = 20
li = longueur moyenne de chaque individu = 3 cm
wi = poids de tous les individus de cette espèce = $(0.028 * 3^{3.02}) * 20 = 15.52$ g
D1 et D2 sont les distances minimale et maximale des individus observés = 1 m et 1.5 m
Surf = surface d'échantillonnage = di * L = (1+1.5) / 2 * 20 = 25 m²
D = densité eg. le nombre de poissons par m² = 20 / 25 = 0.8 individu au m²
W = biomasse = 15.52 / 25 = 0.621 g/m²

La biomasse et la densité ont ensuite été analysées en fonction de diverses variables (taxon-site-temps) :

- Valeurs de densité et de biomasse totales et par famille entre les 3 transects de chaque station.
- Variations temporelles de densité et de biomasse totales et par famille, par transect, et par station (moyenne des valeurs des 3 transects) – comparaisons statistiques par ANOVA puis Tukey ou Kruskal-Wallis puis MDBT ou Steel Dwass (ou autre test a posteriori non paramétrique).
- Variation temporelle multivariée par taxons (Manova paramétrique ou par permutation).
- Variations temporelles de la richesse spécifique totale et par famille ($\chi 2$), par transect et par station.

Prestations complémentaires

Le biologiste responsable de cet échantillonnage est spécialisé en écologie marine et notamment dans les poissons récifaux. Il a donc échantillonné l'ichtyofaune pour toutes les espèces.
En effet, en notant les effectifs de chacune des espèces rencontrées, il est possible (en plus) de calculer la biodiversité par station ce qui permet d'obtenir les **biodiversités alpha**, **bêta** et **gamma** sur la zone ; ainsi que **l'équitabilité** (Indice de Shannon relatif)[3].

Dans l'ensemble des résultats, quand cela n'est pas précisé, les calculs ont été fait d'après le listing simplifié du cahier des charges (tableau 322 en annexe 01).

[3] L'indice de Shannon est fondé sur la théorie de l'information qui considère 2 composantes de la diversité : le nombre d'espèces et la régularité de leur distribution de fréquence.
Dans la nature la valeur de H' se situe en général entre 0.5 (très faible diversité) et 4.5 (dans le cas d'échantillons de grande taille de communautés complexes).
L'indice d'Equitabilité équivaut à la répartition des effectifs entre S espèces présentes. L'indice varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs appartient à 1 seule espèce. Il tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Il est calculé en fonction de l'indice de Shannon.
La biodiversité est une donnée semi-quantitative
On définit 3 niveaux de biodiversité :
La biodiversité dite α est le nombre d'espèces n présentes sur une station. $B\alpha_i = n_i$
La biodiversité β (B_β) est la diversité des valeurs de diversités α ;
La biodiversité γ ($B\gamma$) est la biodiversité totale de la zone $B_\gamma = \cup B_{\alpha ii}$

4 Résultats bruts par station

4.1 Station 01 = Casy

Localisation géographique	Sud du platier de l'îlot Casy. Attention, la bouée de balisage de réserve (croix jaune) a été déplacée en raison d'un élargissement de la zone de réserve. La station biologique n'est plus localisable grâce à ce repère.
Nombre transects	2 transects positionnés sur la pente sédimentaire proche du platier (pente très douce). La pente est trop faible pour pouvoir installer un troisième transect (à 20 m de profondeur) à une distance raisonnable.
Description transects	Sont installés à une cinquantaine de mètres l'un de l'autre afin d'atteindre une profondeur de 7 et 10 mètres avec une orientation sud-est / nord-ouest.
	Une colonie de *Lobophyllia corymbosa*, de 2 m de diamètre, sert de point de repérage pour le début du transect A.

Description générale

La pente douce récifale est constituée de sable coquillé sur lequel repose de nombreux massifs coralliens ainsi que de nombreux débris. Les organismes benthiques colonisent préférentiellement ce substrat dur. Les alcyonaires du genre *Sarcophyton* sont particulièrement bien développés et les algues brunes *Sargassum* spp. peuvent être présentes sur le transect B.
Cette station se caractérise par un recouvrement important en algues brunes (*Lobophora variegata, Sargassum, Distromium, Dictyota* et quelques *Padina*). Les macrophytes se distribuent sur du sable coquillé et sur des petits massifs coralliens répartis de manière hétérogène. Les alcyonaires occupent également une part importante du recouvrement (principalement *Sarcophyton, Sinularia* et *Lobophytum* et dans une moindre mesure *Dendronephthya*).
La richesse spécifique et le recouvrement corallien sont relativement faibles, les colonies coralliennes juvéniles observées au mois de septembre 2010 continuent de croître. La taille des colonies coralliennes scléractiniaires reste de taille décimétrique (*Pocillopora damicornis, Barabattoia amicorum, Galaxea fascicularis, Acanthastrea echinata, Goniastrea* cf. *pectinata).* Seuls les genres *Acropora* de forme tabulaire et une colonie de *Lobophyllia corymbosa* réussissent à s'édifier et dépasser la taille métrique.

Par ailleurs, de nombreuses colonies coralliennes juvéniles s'édifient sur les massifs et même sur les piquets des transects (*Pocillopora damicornis, Barabattoia amicorum, Galaxea fascicularis, Acanthastrea echinata, Millepora* sp.).

Caractéristiques principales

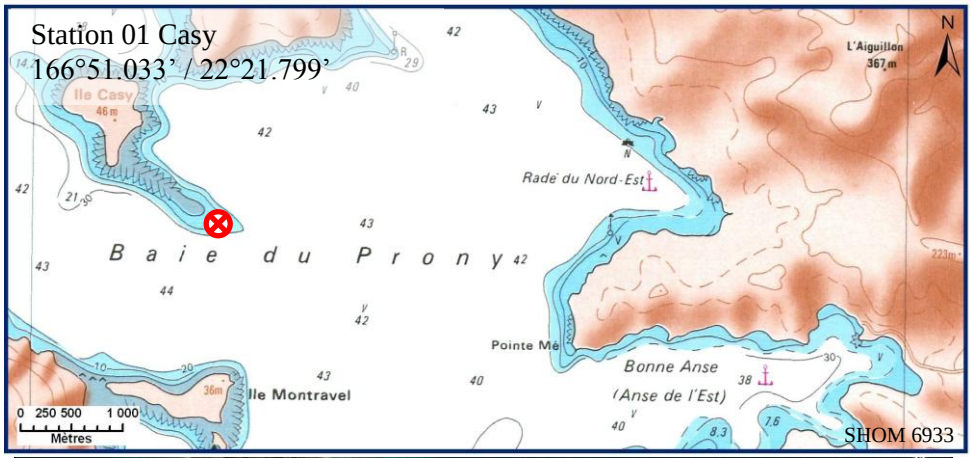
- Recouvrement corallien faible.
- Recouvrement important de l'algue brune du genre *Lobophora* (potentiellement envahissante)
- Etude de croissance de 7 colonies de *Pocillopora damicornis* colonisant les piquets du transect A
- Hyper sédimentation (la faune et flore sont adaptées à cette contrainte)
- Les colonies coralliennes sont de petites tailles (hyper sédimentation et turn over important)
- Recouvrement des alcyonaires et macrophytes (algues brunes) très important
- Compétition spatiale entre les alcyonaires, les éponges encroûtantes et les coraux
- Recouvrement important au transect A des éponges encroûtantes *(Cliona)*
- Richesse spécifique importante des macrophytes et des alcyonaires
- Abondance des algues brunes *Sargassum* spp. et *Lobophora* cf. *variegata* (selon les saisons)

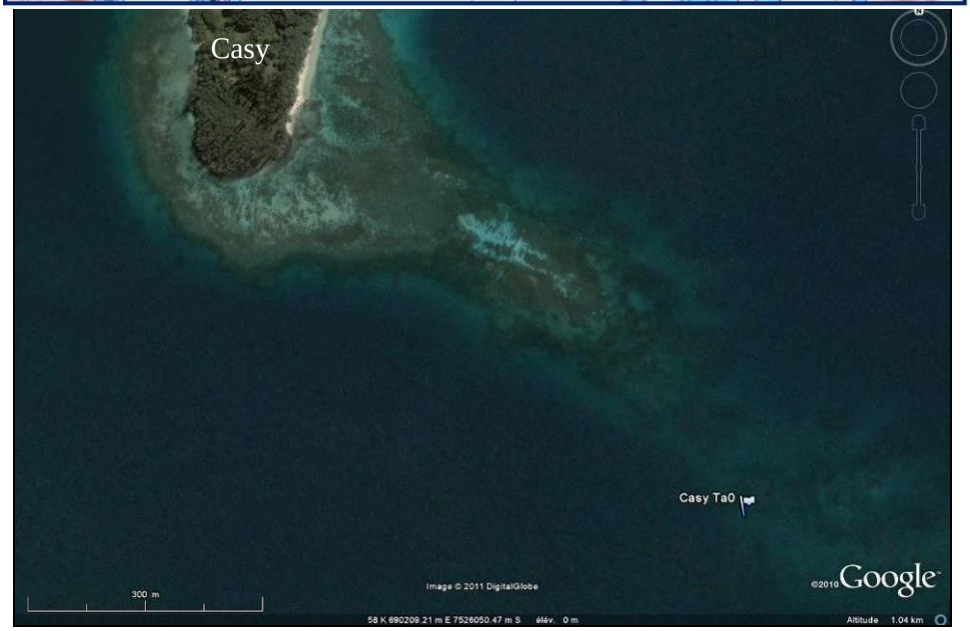
Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- Recouvrement important de cyanobactéries au transect A. Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place, les débris coralliens et les *Acropora* tabulaires
- Richesse spécifique des coraux reste équivalente
- Le blanchissement corallien affecte 5/77 espèces de scléractiniaires (6,5%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (1% de la surface totale observée)
- Présence de la maladie de la bande blanche sur des colonies d'*Acropora* tabulaire au transect A
- L'ensemble des colonies de *Pocillopora damicornis* s'édifiant sur les 3 piquets du transect A ont une

croissance moyenne estimée à 2.5 cm / 6 mois (taux d'accroissement moyen 9.24%) (voir § 7)

- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes et nudibranches) entre les différentes missions
- Légère diminution d'abondance des ascidies (*Polycarpa aurita* et *P. nigricans*)





Carte n°3 : Localisation de la station 01 (Casy)

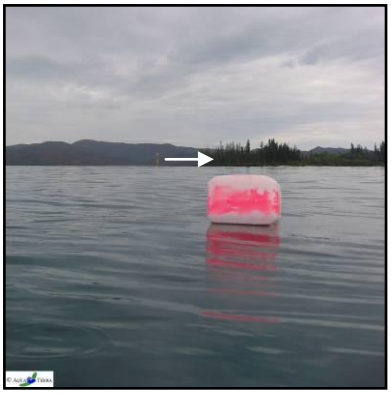


Photo n°7 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01)

4.1.1 Le substrat (ST01)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 04 pour le transect A et dans la figure 05 pour le transect B.

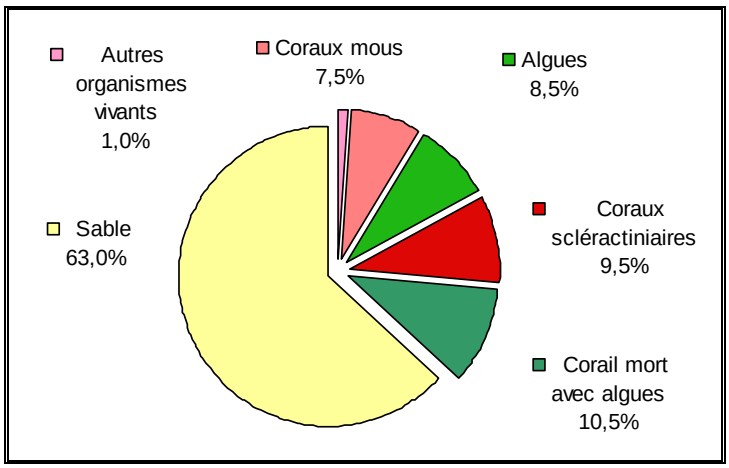


Figure n°4 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A

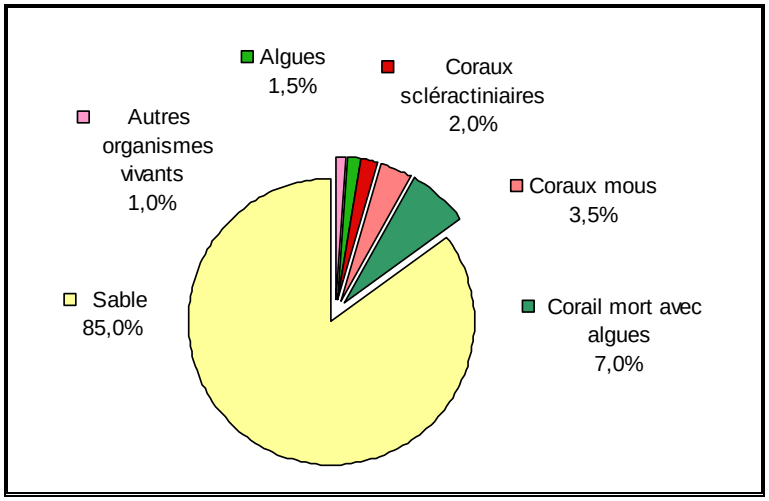


Figure n°5 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B

Le sable est prédominant avec respectivement 63% et de 85% de recouvrement pour les 2 transects.
Cela entraîne évidemment que le substrat est majoritairement abiotique sur cette station : à 63% (contre 37% de biotique) au transect A et 85% (contre 15% de biotique) au transect B.
Pour cette mission, les coraux scléractiniaires sont constants en recouvrement en A (9.5%) et en légère baisse en B (2% *vs* 4.5%). Le reste de la partie biotique est constituée essentiellement par des alcyonaires et de quelques algues faiblement représentés.
Les transects sont stables dans l'ensemble.

Il faut noter que les sargasses (algues brunes qui étaient une caractéristique de cette station) disparues lors de la campagne d'octobre 2011 ne sont pas revenues. Par ailleurs, il y a 8.5% d ecyanobactéris au transect A et 0.5% au transect B.

4.1.2 Le benthos (ST01)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Casy (ST01) est composée de 82 espèces coralliennes, de

44 espèces d'invertébrés, de 7 espèces de macrophytes et de 2 espèces de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

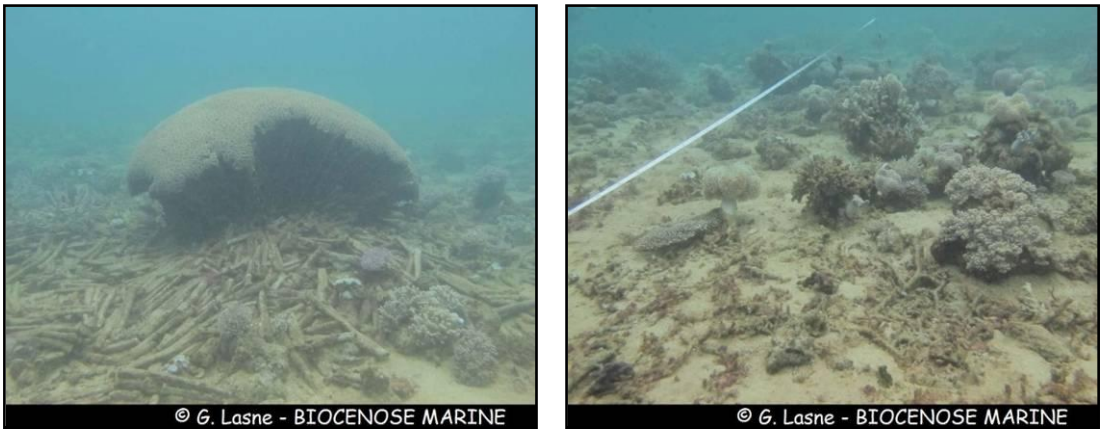
- **82 espèces coralliennes** (dont 77 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (branchu), une espèce de gorgone, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère).

  Les familles scléractiniaires (77 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (24 taxons), les Acroporidae (17 taxons), les Fungiidae (7 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Agaraciidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Merulinidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Pectiniidae (1 taxon).

  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae et des Trachyphylliidae.

  Le blanchissement corallien affecte 5/77 espèces de scléractiniaires (6,5%).

  Le blanchissement visuel moyen est de 1% de la surface totale observée.
- **44 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 12 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : holothurides (3 taxons), astéries (2 taxons), échinides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies.
- **7 espèces de macrophytes** : algues brunes (4 taxons), algues vertes (3 taxons).
- **2 espèces de cyanobactéries**.



ST01A : Colonie plurimétrique de *Lobophyllia corymbosa* en train de se disloquer
Nombreux alcyonnaires (*Sarcophyton* et Sinularia) et petits massif coralliens coralliens avec recouvrement important de Cyanobactéries



ST01B : Pente sédimentaire recouverte par *Sarcophyton* sp. et petits massif coralliens

Photo n°8 : Vue d'ensemble des transects (ST01)

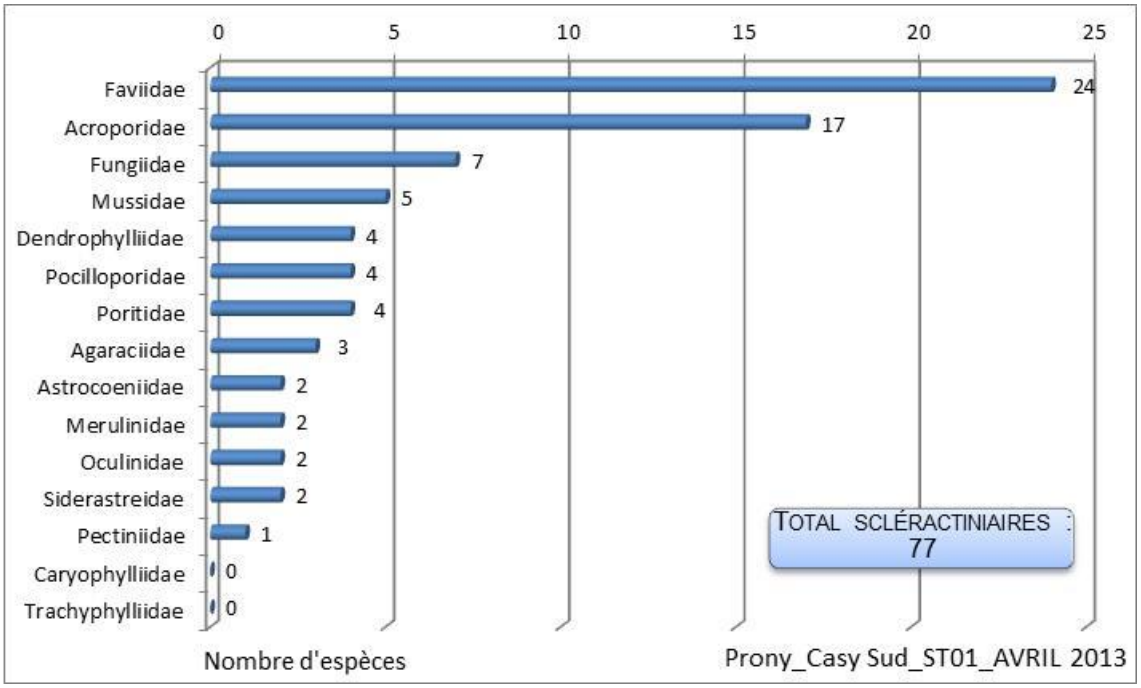


Figure n°6 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST01)

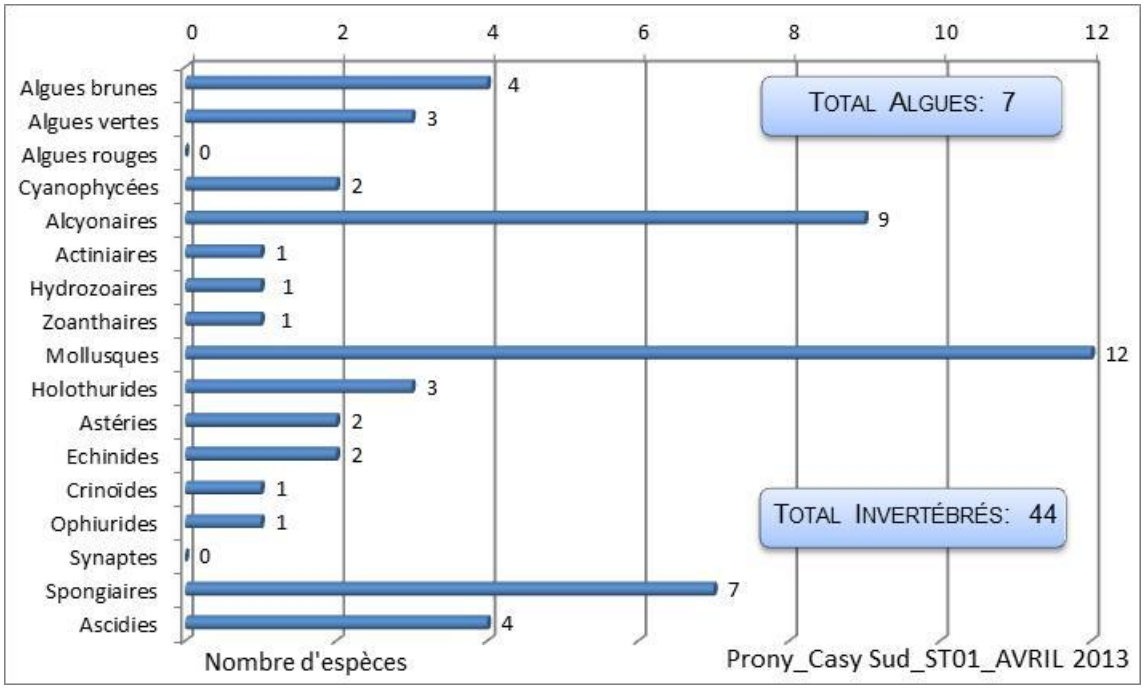


Figure n°7 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)

4.1.2.1 Benthos Transect 01 A

4.1.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST01A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST01A est composée de 76 espèces coralliennes dont 73 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (branchu), une espèce de gorgone, une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (73 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (21 taxons), les Acroporidae (17 taxons), les Fungiidae (7 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Agaraciidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Merulinidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Pectiniidae (1 taxon), les Siderastreidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae et des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 4/73 espèces de scléractiniaires (5,5%).
Le blanchissement visuel est de 1,5% de la surface du couloir.

Sept colonies de *Pocillopora damicornis* s'édifient sur les 3 piquets du transect A (cf. § 7.2). La croissance moyenne des colonies est estimée à 2.5cm / 6 mois (taux d'accroissement moyen : 9.24%).
Bien que la croissance des colonies coralliennes diminue avec le temps, on constate des variations d'accroissement durant l'année avec une plus forte activité bio constructrice entre mars et octobre.

Tableau n°9 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST01A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
7 espèces : •*Acropora* (branchu) (5spp./+1spp.) (A4), •*Turbinaria peltata* (A1), •*Diploastrea heliopora* (A1), •*Scolymia australis* (A2), •*Galaxea paucisepta* (A2), •*Echinophyllia orpheensis* (A1), •*Pocillopora verrucosa* (A2).	11 espèces : •*Acropora* (branchu) (5spp., A4/+ 1), •*Pavona decussata* (A2/+ 1), •*Barabattoia amicorum* (A4/+ 1), •*Favia stelligera* (A2/+ 1), •*Platygyra sinensis* (A2/+ 1), •*Seriatopora histrix* (A3/+ 1), •*Goniopora* sp. (A2/+ 1).	4 espèces blanchies (5, 5%) : ➢ Aucune espèce précédemment blanchie. ➢ 4 espèces nouvellement blanchies (5, 5%) : •*Acropora* (branchu) (3spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (1spp.B*, B2, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
7 espèces : •Gorgone ind.sp. (1spp./-1spp.A2/-0), •*Astreopora* sp. (A0/-1), •*Coeloseris mayeri* (A0/-1), •*Herpolitha limax* (A0/-1), •*Polyphyllia novaehiberniae* (A0/-2), •*Sandalolitha dentata* (A0/-1), •*Galaxea astreata* (A0/-1).	5 espèces : •*Astreopora myriophthalma* (A1/- 1), •*Montipora undata* (A1/- 1), •*Montipora verrucosa* (A1/- 1), •*Turbinaria stellulata* (A1/- 1), •*Fungia repanda* (A1/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°10 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST01A)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**18.35**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 10).

Tableau n°11 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST01A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	17	17	12	11	11	11	6	6	6
Agaraciidae	3	4	1	1	1	1	1	1	0
Astrocoeniidae	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	4	3	3	3	3	3	3	3	2
Faviidae	21	20	18	17	17	16	11	10	10
Fungiidae	7	10	3	4	4	4	4	4	2
Merulinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mussidae	5	4	4	4	4	4	3	3	3
Oculinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Pocilloporidae	4	3	3	3	3	3	3	2	2
Poritidae	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Siderastreidae	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**73**	**72**	**53**	**52**	**52**	**52**	**41**	**38**	**34**

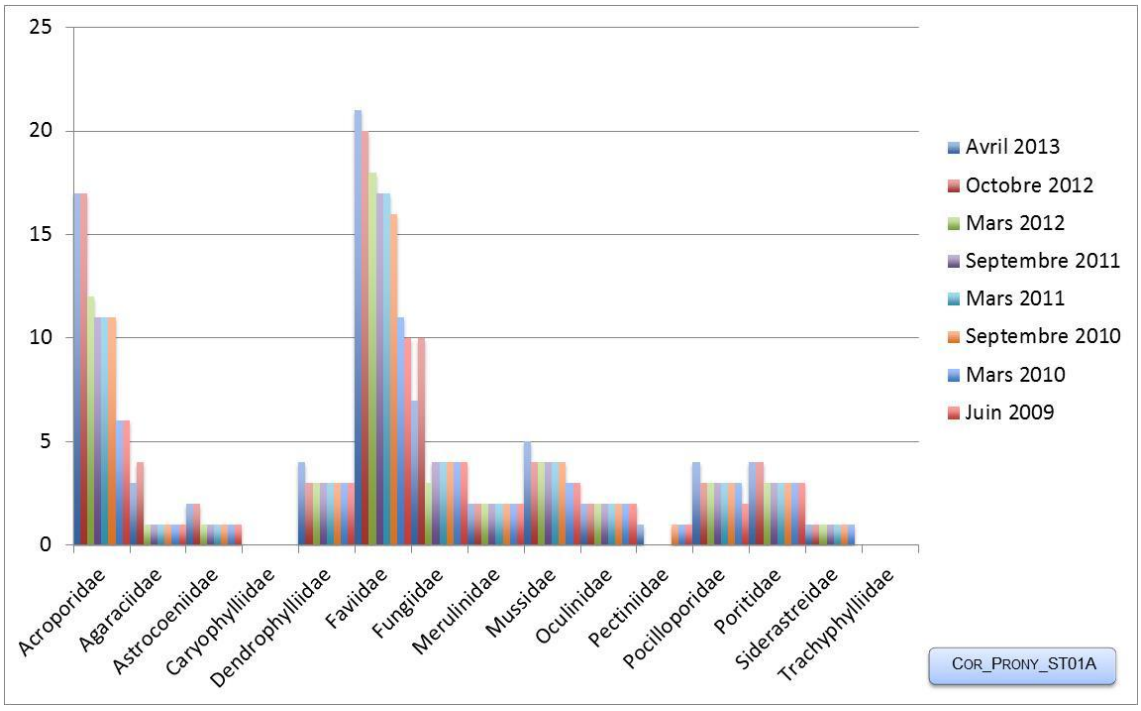


Figure n°8 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST01A)

4.1.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST01A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST01A est composée de 39 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : holothurides (3 taxons), astéries (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies et de 5 espèces de macrophytes : algues brunes (3 taxons), algues vertes (2 taxons), et de 2 espèces de cyanobactéries.

Tableau n°12 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST01A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 4 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Distromium* sp. (A0/-2), •*Turbinaria ornata* (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Caulerpa* sp. (A0/-2), •*Halimeda* sp. (1spp./-1spp., A2/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 3 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Dictyota* sp. (A2/- 1), •*Lobophora variegata* (A2/- 1) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2/- 1).
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •Cyanophycées ind. (pompon) (A2).	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A5/+ 3).
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les actiniaires (1 espèce) : •*Actinodendron* sp. (A1). 4 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-3 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (2spp./-1spp., A5/-0), •*Sinularia flexibilis* (A0/-3), •*Sinularia* sp. (1spp./-1spp., A4/-0) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A1/-1)
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) :•*Fromia monilis* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Laganum depressum tonganense* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Actinopyga lecanora* (A0/-1)	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) :•*Nardoa gomophia* (A2/+ 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria fuscopunctata* (A2/+ 1) 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A1/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A1/- 1)
Mollusques	
5 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Tridacna maxima* (A1) ; ➢ pour les gastéropodes (3 espèces) : •*Conus miles* (A1), •*Coralliophila violacea* (A2), •*Latirolagena smaragdula* (A2) ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A1) 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Athrina* sp. (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Chromodoris leopardus* (A0/-1)	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •Spongiaires ind. (marron) (A1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona orientalis* (A4/+ 1). 2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Cliona jullienei* (A4/- 1), •*Dysidea arenaria* (A1/- 1).
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°13 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST01A)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	7	10	9	8	8	9	9	9	5
Actiniaires	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	2	1	0	0	0	0	0	0
Astéries	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Holothurides	3	4	3	3	2	2	2	2	2
Spongiaires	6	5	3	3	3	3	4	4	4
Mollusques	11	8	6	7	5	3	3	1	1
Ascidies	4	6	3	1	1	1	1	1	1
Total	**40**	**43**	**33**	**28**	**24**	**23**	**23**	**21**	**17**

Tableau n°14 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST01A)

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**27.97**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 14).

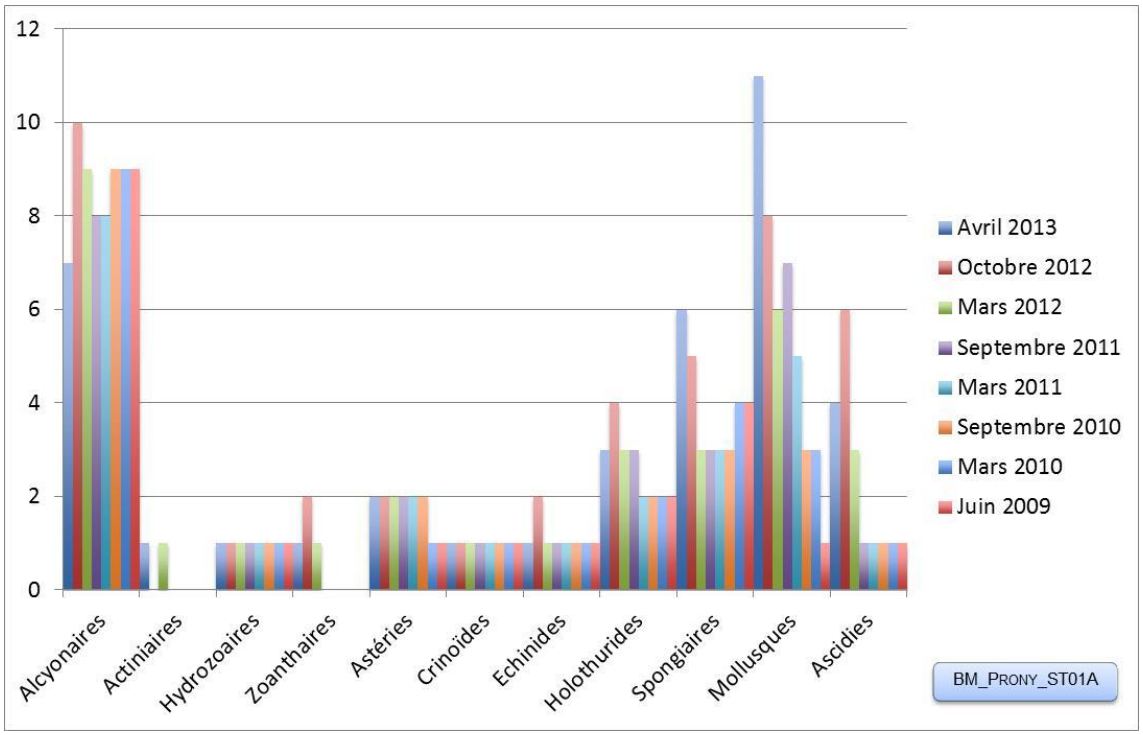


Figure n°9 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST01A)

4.1.2.2 Benthos Transect 01 B

4.1.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST01B)

La richesse spécifique corallienne de ce niveau bathymétrique est la plus faible des stations de la baie de Prony (54 espèces coraux) et pour cette mission le nombre d'espèces est en augmentation.

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST01B est composée de 57 espèces coralliennes dont 52 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (branchu), une espèce de gorgone, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (52 taxons au sein de 12 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (17 taxons), les Acroporidae (10 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Poritidae (2 taxons), les Agaraciidae (1 taxon), les Merulinidae (1 taxon), les Siderastreidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Pectiniidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 4/52 espèces de scléractiniaires (7,7%).
Le blanchissement visuel est de 0,5% de la surface du couloir.

Tableau n°15 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST01B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
5 espèces : •*Montipora* spp. (3spp./+1spp.) (A3), •*Caulastrea furcata* (A1), •*Scolymia australis* (A1), •*Galaxea paucisepta* (A2), •*Coscinaraea columna* (A1).	8 espèces : •*Montipora* spp. (3spp., A3/+ 1), •*Favia speciosa* (A2/+ 1), •*Favia stelligera* (A2/+ 1), •*Platygyra sinensis* (A2/+ 1), •*Pocillopora damicornis* (A3/+ 1), •*Seriatopora histrix* (A2/+ 1).	4 espèces blanchies (7, 7%) : ➢ 2 espèces précédemment blanchies (3, 8%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B1) ; ➢ 2 espèces nouvellement blanchies (3, 8%) : •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
2 espèces : •*Acropora* (branchu) (3spp./-1spp.A3/-0) •*Coeloseris mayeri* (A0/-1).	Une seule espèce : •*Turbinaria peltata* (A1/- 1)	➢ aucune espèce n'a réintégré ses zooxanthelles ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement se réduire.

Tableau n°16 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST01B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	10	10	7	6	6	5	3	3	3
Agaraciidae	1	2	1	1	1	2	2	2	2
Astrocoeniidae	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	4	4	3	3	2	2	2	1	1
Faviidae	17	16	13	11	12	12	9	6	6
Fungiidae	4	4	3	3	5	5	4	2	2
Merulinidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mussidae	5	4	4	4	4	3	2	2	2
Oculinidae	2	1	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Pocilloporidae	3	3	4	4	4	3	3	3	3
Poritidae	2	2	2	3	3	3	3	3	2
Siderastreidae	1	0	1	1	1	1	1	0	0
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**52**	**49**	**43**	**41**	**43**	**41**	**34**	**27**	**26**

Tableau n°17 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST01B)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**24.98**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106,395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 17).

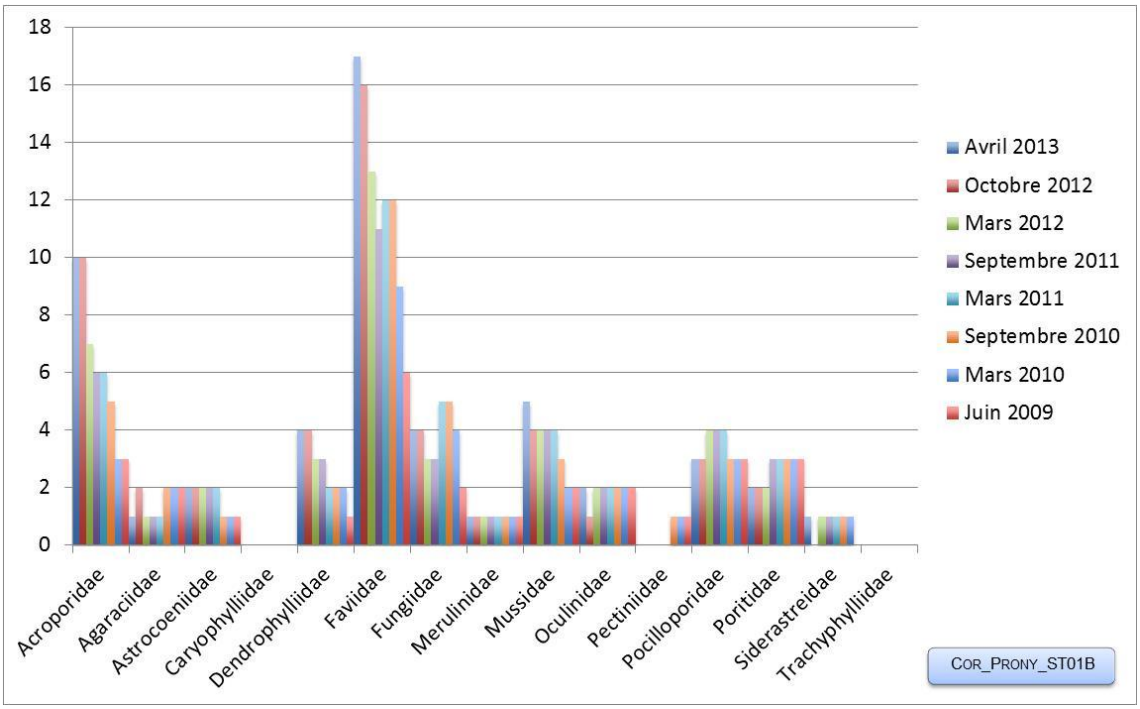


Figure n°10 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST01B)

4.1.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST01B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST01B est composée de 29 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies ; et de 7 espèces de macrophytes : algues brunes (4 taxons), algues vertes (3 taxons), et de 2 espèces de cyanobactéries.
Tous les groupes sont représentés.

Tableau n°18 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST01B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Halimeda* sp. (2spp./-1spp., A4/-0).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Dictyota* sp. (A2/- 1), •*Lobophora variegata* (A2/- 1)
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •Cyanophycées ind. (pompon) (A2).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa* sp. (A1). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Chironephthya* sp. (A0/-1) ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2)	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A4/+ 1). 5 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (5 espèces) : •*Sarcophyton* sp. (2spp., A4/- 1), •*Sinularia dura* (A2/- 1), •*Sinularia flexibilis* (A2/- 1), •*Xenia* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les échinides (1 espèce) :•*Laganum depressum tonganense* (A2). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Fromia monilis* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-1), •*Holothuria whitmaei* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (2 espèces) : •*Pteristernia reincarnata* (A1), •*Astraea rhodostoma* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1).	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •Spongiaires ind. (orange) (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Dysidea herbacea* (A3/+ 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Didemnum molle* (A0/-3).	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A3/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°19 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 (ST01B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	7	8	7	6	5	5	6	6	6
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Astéries	2	3	2	1	1	1	2	1	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Holothurides	1	3	3	2	3	3	3	3	2
Spongiaires	5	6	3	3	3	3	3	3	3
Mollusques	5	4	6	5	3	2	1	1	1
Ascidies	4	5	3	3	1	1	1	1	1
Total	**30**	**34**	**29**	**24**	**18**	**17**	**18**	**17**	**15**

Tableau n°20 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST01B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**22.35**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 20).

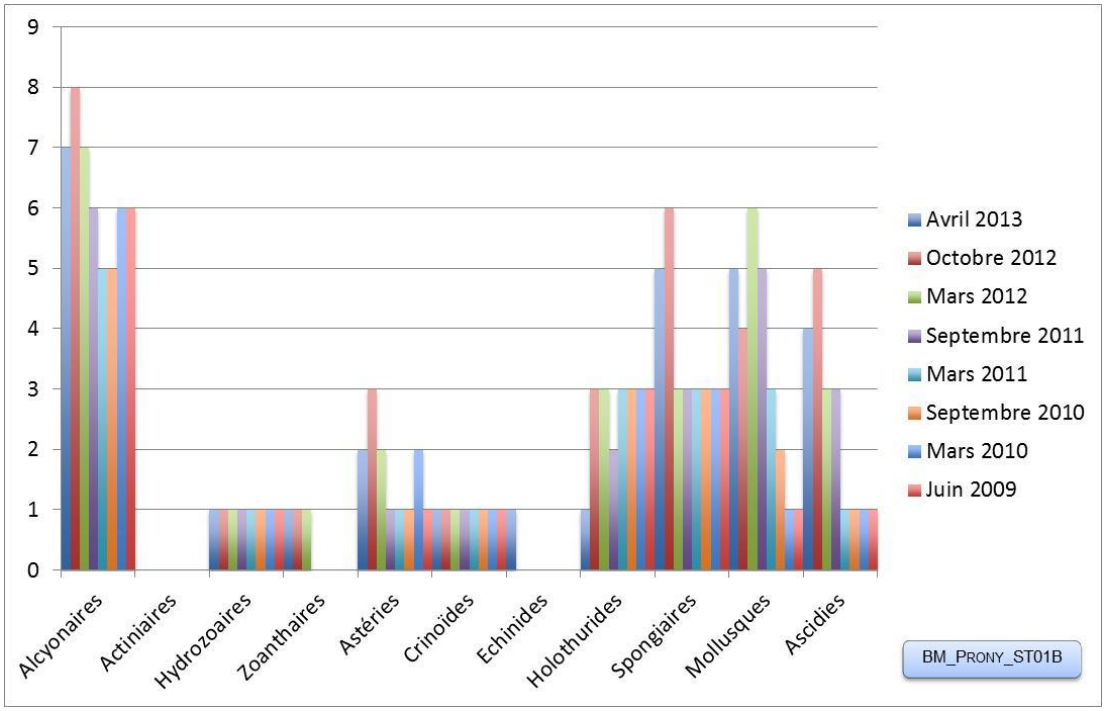


Figure n°11 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST01B)

4.1.3 Les poissons (ST01)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[4] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 21.

Tableau n°21 : Données sur les poissons (ST01)

Ilot Casy ST01		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Cae	*Caesio cuning*				50	0,36	12,34	25,0	0,18	6,17
Cha	*Chaetodon kleinii*				2	0,03	0,17	1,0	0,01	0,08
Cha	*Chaetodon melannotus*	1	0,01	0,08				0,5	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,01	0,13				0,5	0,01	0,06
Epi	*Cephalopholis boenak*	1	0,01	0,24	1	0,01	0,13	1,0	0,01	0,18
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	1,94				0,5	0,01	0,97
Lab	*Cheilinus chlorourus*				1	0,01	1,19	0,5	0,01	0,60
Lab	*Thalassoma lunare*	3	0,04	0,25	3	0,04	0,73	3,0	0,04	0,49
Mic	*Ptereleotris microlepsis*	10	0,13	2,44				5,0	0,06	1,22
Nem	*Scolopsis bilineatus*				3	0,04	2,46	1,5	0,02	1,23
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,03	0,17				1,0	0,01	0,08
Pom	*Chrysiptera rollandi*	5	0,06	0,05				2,5	0,03	0,02
Pom	*Dascyllus aruanus*	25	0,31	0,17	15	0,19	0,10	20,0	0,25	0,13
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	20	0,25	0,15	17	0,21	0,60	18,5	0,23	0,38
Pse	*Pictichromis coralensis*	1	0,01	0,10				0,5	0,01	0,05
Sca	*Scarus ghobban*				2	0,03	3,87	1,0	0,01	1,94
Sca	*Scarus flavipectoralis*	2	0,03	1,64				1,0	0,01	0,82
Sig	*Siganus fuscescens*				30	0,38	24,57	15,0	0,19	12,28
Total		**72**	**0,90**	**7,34**	**124**	**1,28**	**46,15**	**98,00**	**1,09**	**26,75**
Biodiversité		**12**			**10**			**18**		
Indice de Shannon =		2,971								
Equitabilité =		0,713								

Sur l'ensemble des transects de la station, 196 individus appartenant à 18 espèces différentes (tableau 21) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.09 poissons/m² pour une biomasse de 26.75 g/m².
58 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 22).

Tableau n°22 : Liste des espèces complémentaires (ST01)

Ilot Casy ST01					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Epinephelus ongus*	Pin	*Parapercis cylindrica*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pin	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Acanthurus mata*	Gob	*Valenciennea puellaris*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Naso brevirostris*	Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	Pom	*Chromis analis*

[4] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Cirrhilabrus scottorum*	Pom	*Chromis nitida*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis ternatentensis*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Apogon indicus*	Lab	*Halichoeres biocellatus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Apo	*Archamia leai*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Pomacentrus amboinesis*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	Lab	*Stethojulis notialis*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cae	*Caesio cuning*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus spilotoceps*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pse	*Pictichromis coralensis*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Mic	*Ptereleotris microlepsis*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Mur	*Gymnothorax undulatus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus fuscescens*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Nem	*Scolopsis lineatus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Diploprion bifasciatum*				

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 23 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 12.

Tableau n°23 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST01)

Familles	Ilot Casy ST01									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	2	1	1		1			2	1	
Anthiinidae					1		1		1	
Blenniidae				1						
Canthigasteridae	1				1		1			
Chaetodontidae	1			1					1	**4**
Epinephelinae	2	1		1		1	1			**1**
Gobiidae	1	1	1	1	1	1	1		1	
Labridae	1	2	2	2	2	3	3	2	1	**3**
Microdesmidae										**1**
Mullidae	1		1	1		1				
Nemipteridae		1	1	1						**1**
Pomacanthidae	1	1								**1**
Pomacentridae	4	2	5	4	4	5	4	3	5	**3**
Pseudochromidae										**1**
Scaridae	2			1	1	1	1	1	2	**2**
Siganidae							1			**1**
Total espèces	**16**	**9**	**11**	**13**	**11**	**12**	**13**	**8**	**12**	**18**
Total familles	**10**	**7**	**6**	**9**	**7**	**6**	**8**	**4**	**7**	**10**

Notons que la plupart des espèces sont représentées par des juvéniles.

La progression observée en octobre 2012 se poursuit. Les stations abritent deux familles supplémentaires dont une espèce de Pseudochromidae et le nombre d'espèces de Chaetodons est au plus élevé.

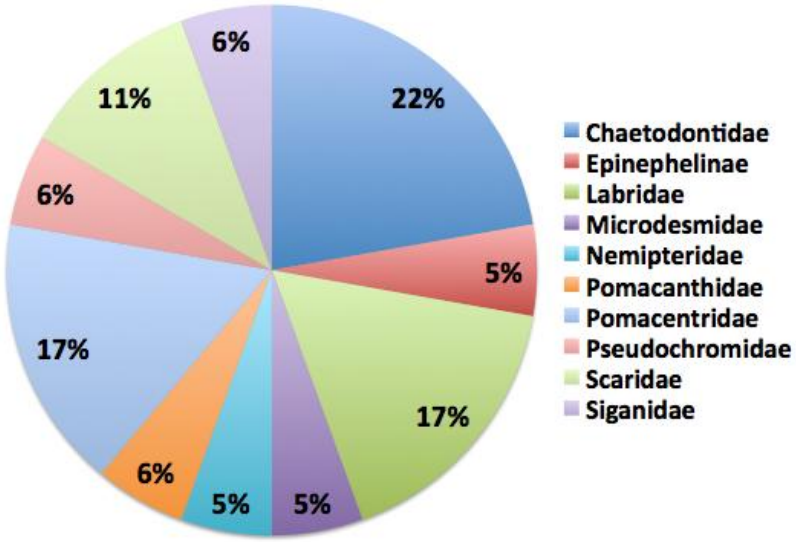


Figure n°12 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST01)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 24), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°24 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2013 (ST01)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
96,31	135	167,85	10/16

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 25 et la figure 13.

Tableau n°25 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01)

Ilot Casy ST01		Liste restreinte					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	72	0,90	7,34			
	Transect B	124	1,28	46,15			
	Moy. AB	98,00	1,09	26,75	18	33	58
2012 b	Moy. AB	67,00	0,80	2,70	12	24	49
2012 a	Moy. AB	26,50	0,33	0,82	9	35	55
2011 b	Moy. AB	27,00	0,36	3,97	13	27	37
2011 a	Moy. AB	23,50	0,30	1,01	12	25	37
2010 b	Moy. AB	21	0,33	2,30	11	35	55
2010 a	Moy. AB	18,50	0,93	5,79	13	43	66
2009	Moy. AB	21,00	3,50	13,08	11	28	56

2008	Moy. AB	15,50	0,87	6,68	9	17	47
2007	Moy. AB	17,30	2,63	14,86	16	21	34

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 26 et représentation figure 14.

Tableau n°26 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	733,08	1,18	67,54	8,04	60,77	113,83
Coef. de Var.	0,81	0,98	1,05	0,23	0,27	0,22

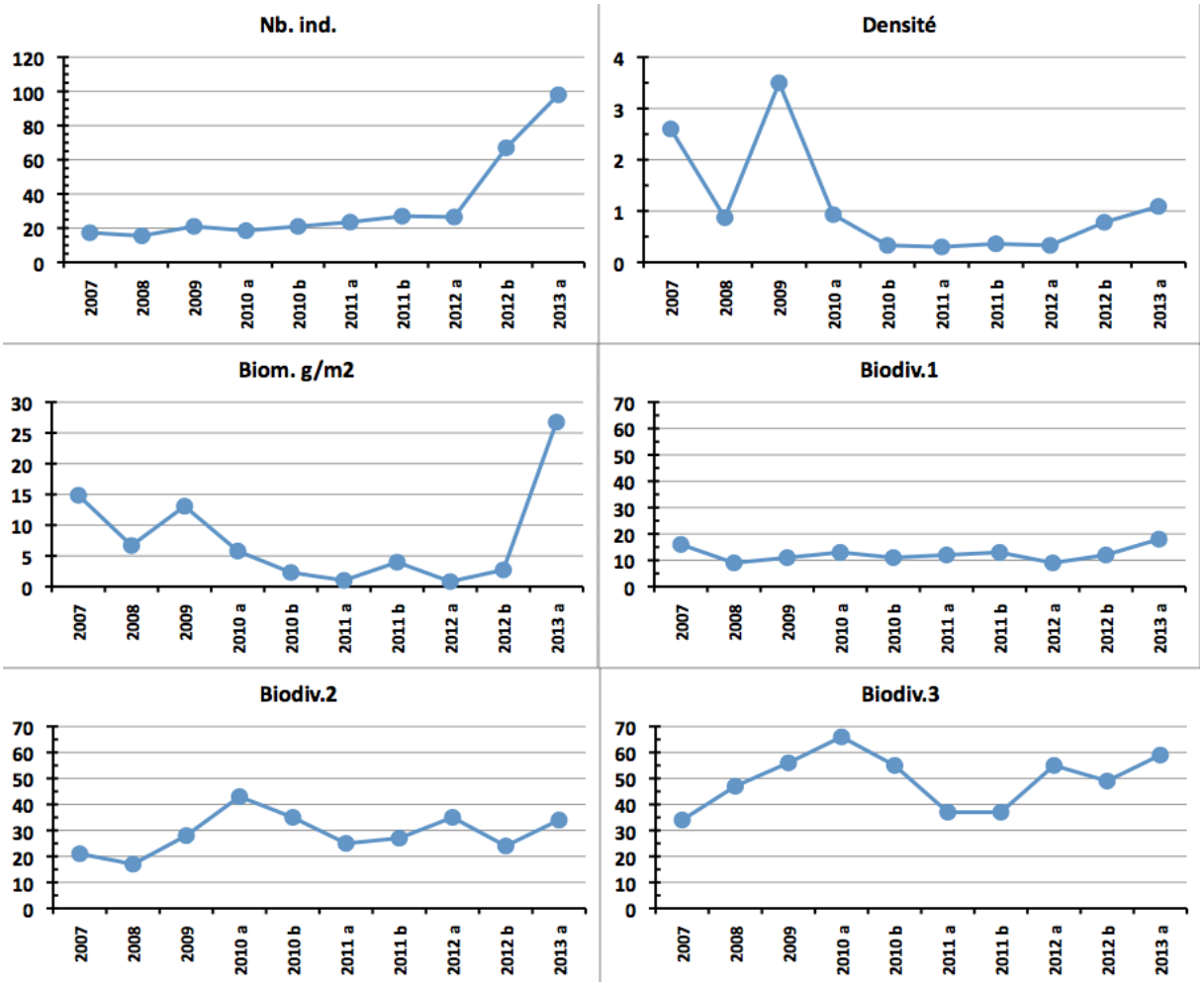


Figure n°13 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

Ces graphes montrent :

- que les valeurs annuelles des 3 premiers paramètres (nombre, densité et biomasse) présentent des écarts de plus de 150 %, voire plus de 200 % pour la densité, tandis que les paramètres de biodiversité sont plus stables ;
- qu'au cours de cette mission tous les paramètres, excepté la densité, ont des valeurs fortes par rapport à la moyenne.

Cette station d'ordinaire assez pauvre, n'a jamais été aussi riche en espèces sur la zone des transects. La biomasse est surtout le fait d'un banc de *Caesio* (Poissons fusillers).

A l'échelle de la station, la biodiversité totale (Biodv.3) demeure toutefois, inférieure à ce qu'elle fut en mars 2010 (y compris pour le nombre de Chaetodons).

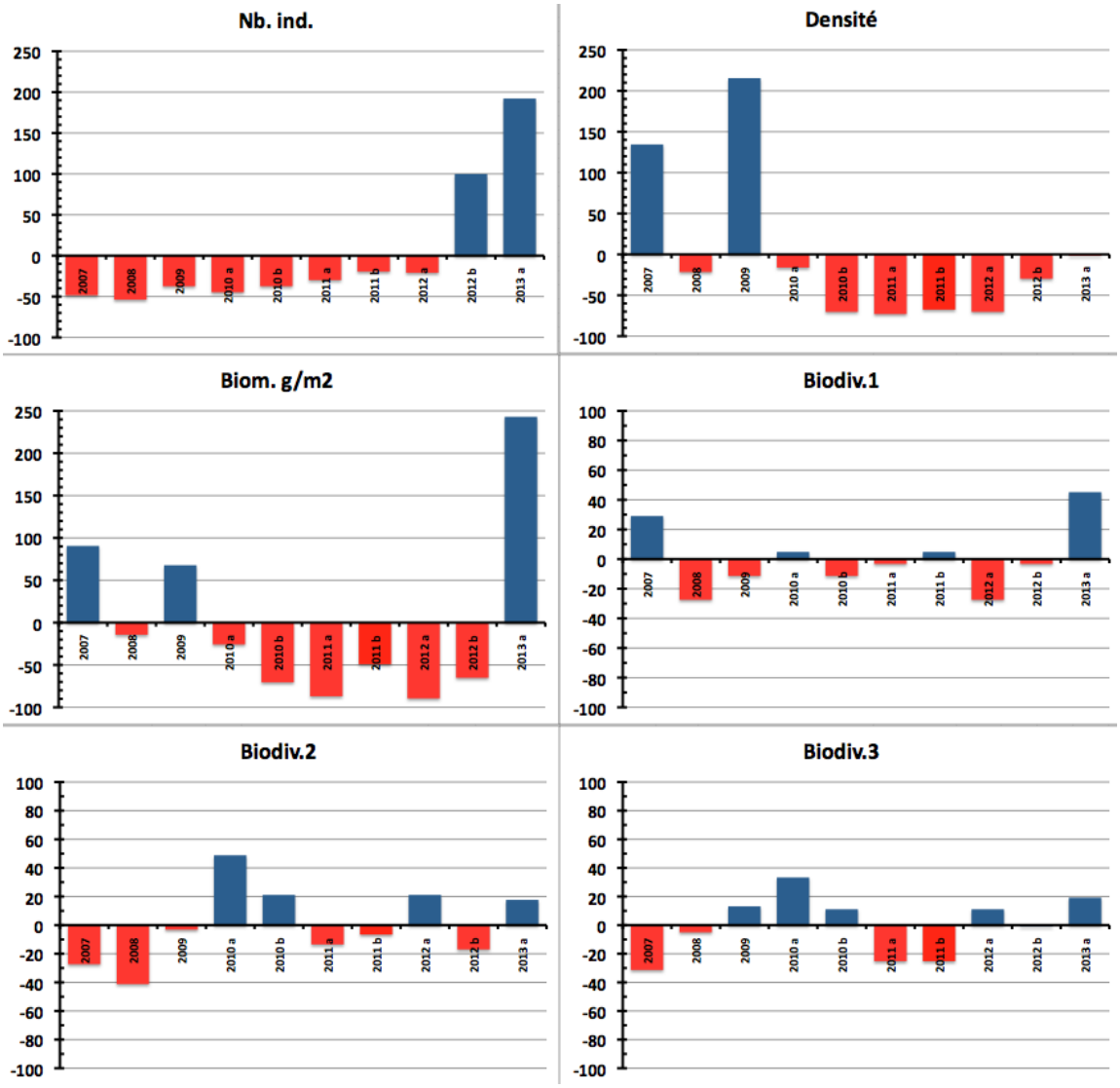


Figure n°14 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

4.2 Station 02 = Creek baie nord

Localisation géographique	Au sud de l'embouchure du creek de la Baie nord, à proximité d'un petit récif (langue récifale), face à un amas rocheux sur la plage (photographie 09).
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été installés à 10 et 12 mètres de profondeur, avec une orientation du sud vers le nord.

Description générale

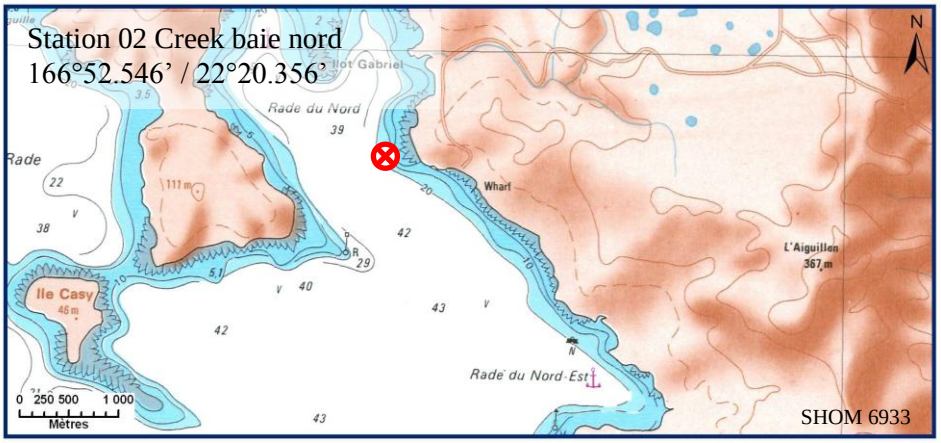
Cette station est originale par l'importance de la richesse spécifique corallienne, la rareté des espèces coralliennes qui lui sont inféodées et par une multitude d'alcyonaires recouvrant le substratum (particulièrement le genre *Sarcophyton*). Les espèces benthiques vivant dans ce biotope sont adaptées aux conditions de turbidité soutenues et à un taux de sédimentation important (elles développent différentes stratégies d'adaptation pour s'édifier et survivre : peu demandeuses de lumière, grands polypes, sécrétion de mucus et/ou croissance rapide).

Caractéristiques principales

- Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens
- Recouvrement alcyonaire important (*Sarcophyton*)
- Richesse spécifique importante des coraux (la plus importante de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony)
- Hyper sédimentation : les petites colonies corallienne ont tendance à s'envaser
- Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide et à la faible pénétration de la lumière dans l'eau par une croissance rapide, la secrétion de mucus et/ou de grands polypes pour se dégager de la sédimentation
- Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues brunes et les coraux

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- Cette station a la richesse spécifique corallienne la plus importante des stations de la baie de Prony (120 espèces coralliennes dont 114 espèces de scléractiniaires)
- Richesse spécifique des coraux a légèrement augmenté pour les deux transects. Cependant de nombreuses colonies ont été dégradées par la sédimentation (particulièrement en B)
- **Augmentation de la sédimentation. De nombreuses colonies coralliennes sont recouvertes par une fine couche de particules terrigènes**
- **Le blanchissement corallien** affecte 32/114 espèces de scléractiniaires (28.1%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (1.5% de la surface totale observée)
- **Présence de la maladie de la bande blanche** sur des colonies d'*Acropora* tabulaire, *Galaxea fascicularis* aux 2 transects
- **Absence de cyanobactérie sur l'ensemble de la station**
- L'algue brune *Lobophora variegata* reste stable (caractère envahissant potentiel)
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- **Absence de *Culcita novaeguineae***
- Présence d'un spécimen de *Charonia tritonis (*toutoute) en B
- Légère augmentation de recouvrement des *Cliones* en B qui colonisent les substrats durs comme les coraux vivants





Carte n°4 : <u>Localisation de la station 02 (Creek baie nord)</u>



Photo n°9 : <u>Position en surface par rapport à la côte (ST02)</u>

4.2.1 Le substrat (ST02)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 15 pour le transect A et dans la figure 16 pour le transect B.

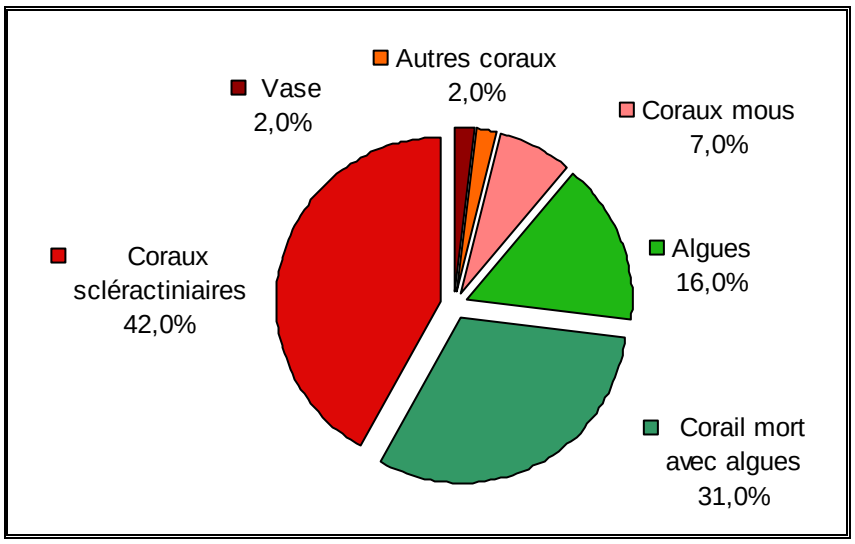


Figure n°15 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A

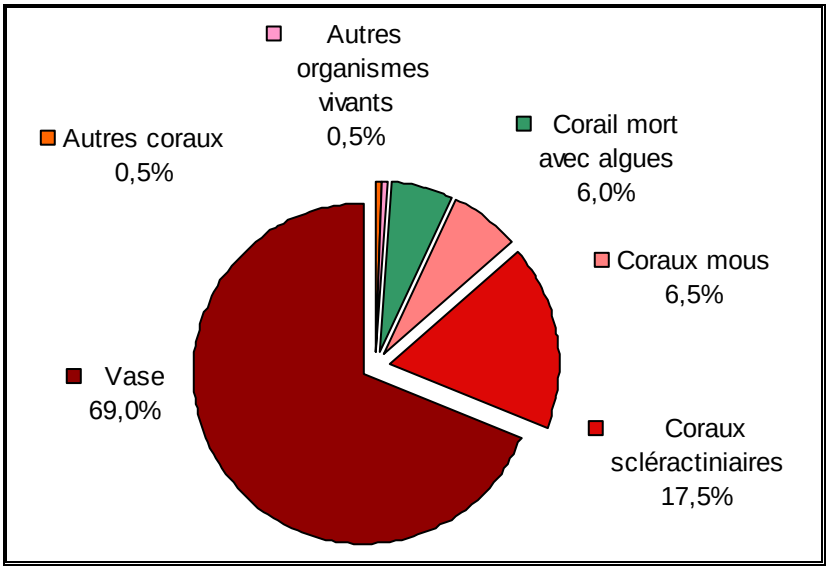


Figure n°16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B

Le transect A reste caractérisé par un substrat quasiment totalement biotique (98%). Les coraux scléractiniaires sont toujours bien représentés avec 42%. 0.5% de cyanobactéries pour cette mission.
Au contraire, sur le transect B, le substrat est majoritairement abiotique et vaseux (69%). Le reste de la partie biotique est constituée essentiellement pas des alcyonaires et des coraux scléractiniaires (respectivement 6.5% et 17.5%).

Le recouvrement est globalement stable par rapport aux missions précédentes.

4.2.2 Le benthos (ST02)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Creek baie nord (ST02) est composée de 120 espèces coralliennes, de 37 espèces d'invertébrés, de 6 espèces de macrophytes et aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **120 espèces coralliennes** (dont 114 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (branchu et encroûtant), une espèce de gorgone, 2 espèces d'antipathaires).
  Les familles scléractiniaires (114 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (25 taxons), les Faviidae (21 taxons), les Agaraciidae (10 taxons), les Fungiidae (10 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Pectiniidae (7 taxons), les Poritidae (7 taxons), les Dendrophylliidae (6 taxons), les Siderastreidae (6 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons), les Oculinidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 32/114 espèces de scléractiniaires (28,1%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 1,5% de la surface totale observée.
- **37 espèces d'invertébrés** dont 11 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies.
- **6 espèces de macrophytes** : algues brunes (3 taxons), algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon).
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**





ST02A : Nombreuses colonies branchues d'*Acropora avec Halimeda, Lobophora* et *Sarcophyton*





ST02B : Pente sédimentaire avec colonies coralliennes et nombreux *Sarcophyton* sp. sur substrat vaseux

Photo n°10 : Vue d'ensemble des transects (ST02)

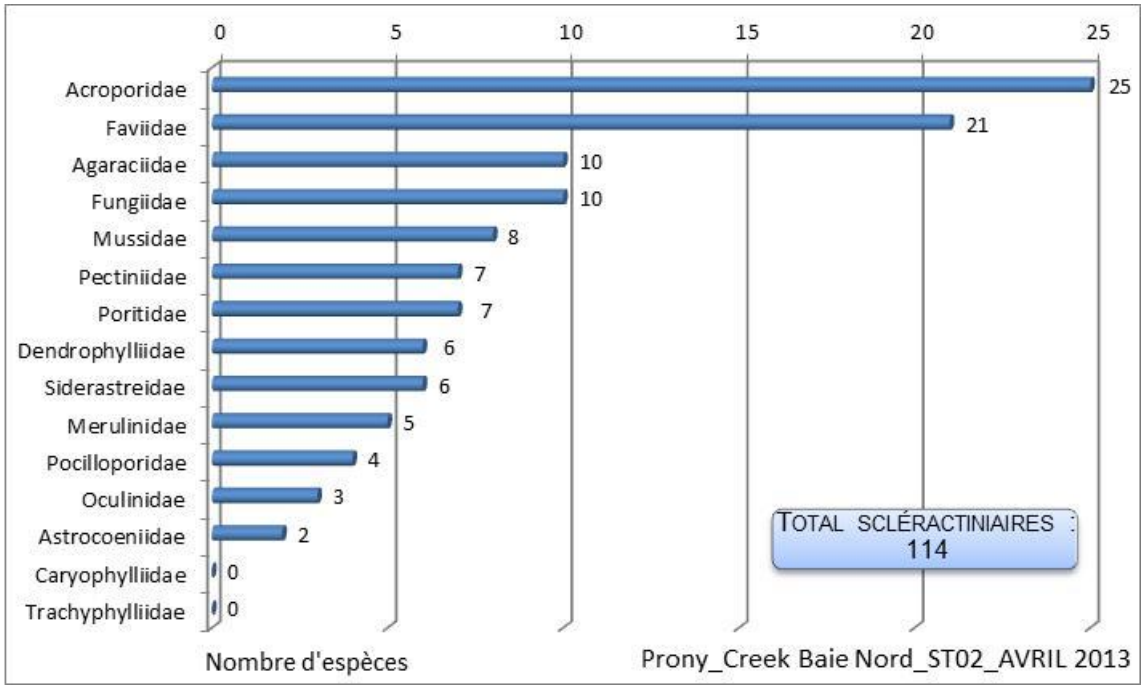


Figure n°17 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST02)

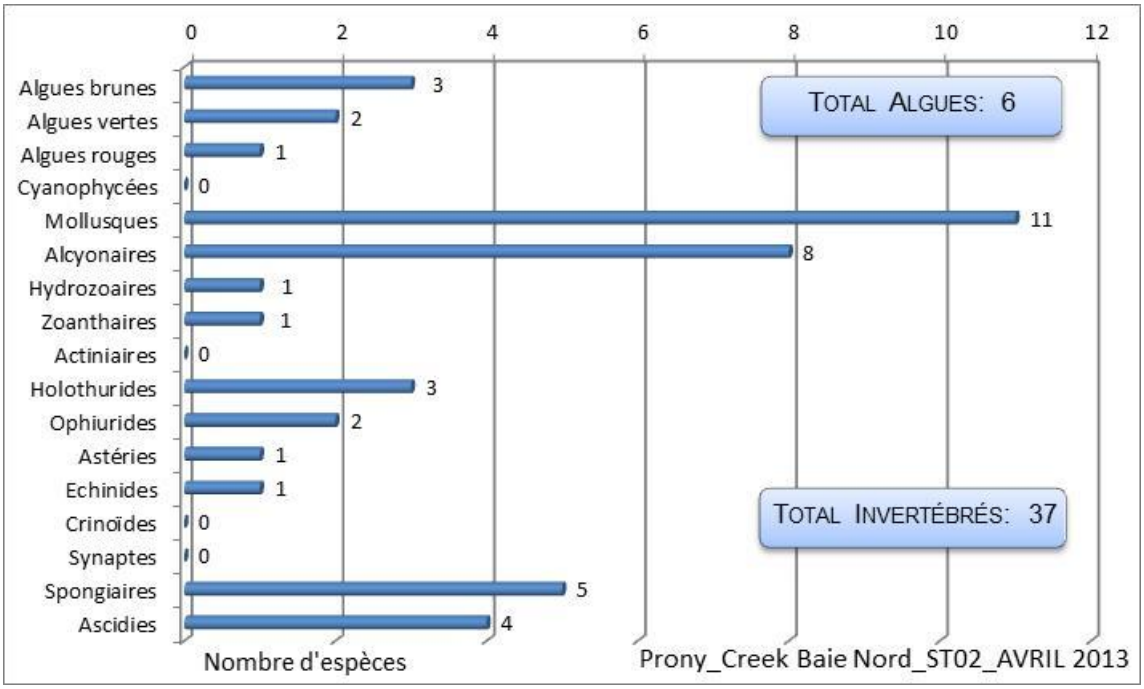


Figure n°18 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)

4.2.2.1 Benthos Transect 02 A

4.2.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST02A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST02A est composée de 101 espèces coralliennes dont 97 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (branchu et encroûtant), une espèce de gorgone.
Les familles scléractiniaires (97 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (22 taxons), les Faviidae (18 taxons), les Fungiidae (10 taxons), les

Agaraciidae (7 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Poritidae (7 taxons), les Dendrophylliidae (6 taxons), les Merulinidae (4 taxons), les Pectiniidae (4 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons), les Oculinidae (3 taxons), les Siderastreidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons).

Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
Le blanchissement corallien affecte 6/97 espèces de scléractiniaires (6,2%).
Le blanchissement visuel est de 1% de la surface du couloir.

Tableau n°27 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST02A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
7 espèces : •*Favia stelligera* (A1), •*Leptastrea transversa* (A1), •*Fungia horrida* (A2), •*Polyphyllia talpina* (A1), •*Lobophyllia hattaii* (A2), •*Echinomorpha nishihirai* (A2), •*Psammocora profundacella* (A1).	4 espèces : •*Anacropora forbesi* (A3/+ 1), •*Goniastrea retiformis* (A2/+ 1), •*Montastrea* sp. (A2/+ 1), •*Fungia simplex* (A2/+ 1).	6 espèces blanchies (6,2%) : ➢ 4 espèces précédemment blanchies (4,1%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2), •*Galaxea paucisepta* (B1), •*Porites lobata* (B2) ➢ 2 espèces nouvellement blanchies (2,1%) : •*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Porites* sp. (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
Une seule espèce : •*Acropora* (branchu) (6spp./-1spp.A5/-0)	4 espèces : •*Millepora* (branchu) (2spp., A4/- 1) •*Lobophyllia hemprichii* (A2/- 1), •*Galaxea astreata* (A1/- 1).	➢ une seule espèce a réintégré toutes ses zooxanthelles : •*Galaxea astreata* (B- 1, øß) ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ni se réduire.

Tableau n°28 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST02A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	22	23	19	19	19	20	17	17	14
Agaraciidae	7	7	7	7	7	8	8	8	5
Astrocoeniidae	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	6	6	6	6	6	6	6	6	7
Faviidae	18	16	14	13	12	12	11	11	6
Fungiidae	10	8	8	8	8	9	9	9	2
Merulinidae	4	4	4	4	4	5	5	5	5
Mussidae	7	6	5	5	5	5	5	5	2
Oculinidae	3	3	3	3	2	2	2	2	1
Pectiniidae	4	3	4	4	4	2	2	2	1
Pocilloporidae	4	4	3	3	2	2	2	2	1
Poritidae	7	7	7	7	7	7	7	7	6
Siderastreidae	3	2	2	2	2	2	2	2	3
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**97**	**91**	**84**	**83**	**79**	**81**	**77**	**77**	**54**

Tableau n°29 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST02A)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**9.24**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106,395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 29).

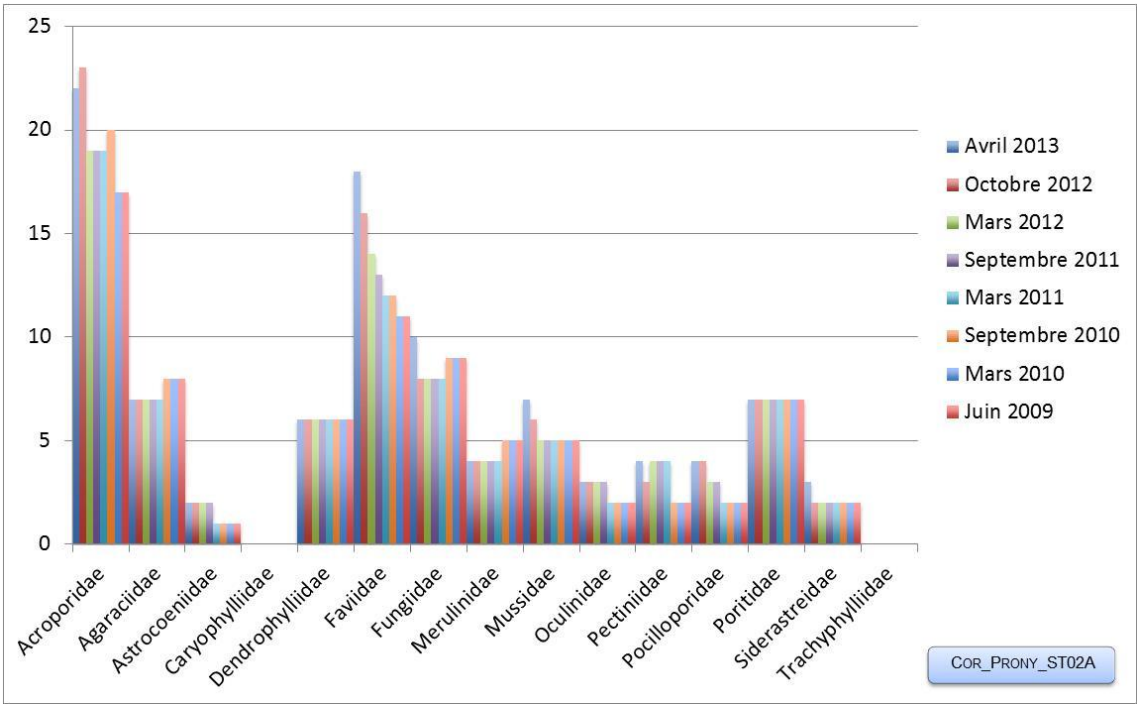


Figure n°19 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST02A)

4.2.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST02A)

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Creek baie nord (ST02) est composée de 37 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies, et de 6 espèces de macrophytes : algues brunes (3 taxons), algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°30 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST02A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp./-1spp., A3/-1), •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A3/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Sinularia flexibilis* (A0/-2)	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2/- 1).

➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2)	
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A1) Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1)	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A2/+ 1) ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2/+ 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) :•*Ophiomastix caryophyllata* (A3/+ 1)
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pteria* sp. (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (3 espèces) : *Conus miles* (A1), •*Coralliophila violacea* (A2), •*Pteristernia reincarnata* (A1)	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Hyotissa hyotis* (A2/+ 1), •*Spondylus* sp. (A2/+ 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dysidea herbacea* (A2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Spheciospongia vagabunda* (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance :•*Leucetta chagosensis* (A1/-1)
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Polycarpa cryptocarpa* (A2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1)	☑
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°31 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST02A)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	7	8	9	7	7	6	7	7	5
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	1	2	0	0	1	0	0	0	1
Crinoïdes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échinides	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Holothurides	2	2	2	1	2	1	1	1	1
Spongiaires	5	4	4	4	4	3	3	4	4
Mollusques	9	5	4	4	3	3	4	4	2
Ascidies	4	2	2	0	0	0	0	0	0
Total	**34**	**28**	**27**	**20**	**20**	**15**	**17**	**18**	**15**

Tableau n°32 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST02A)

Degré de liberté	ddl	56
Somme de tout	Khi² obs.	**25.65**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	74.468

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 -

2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 32).

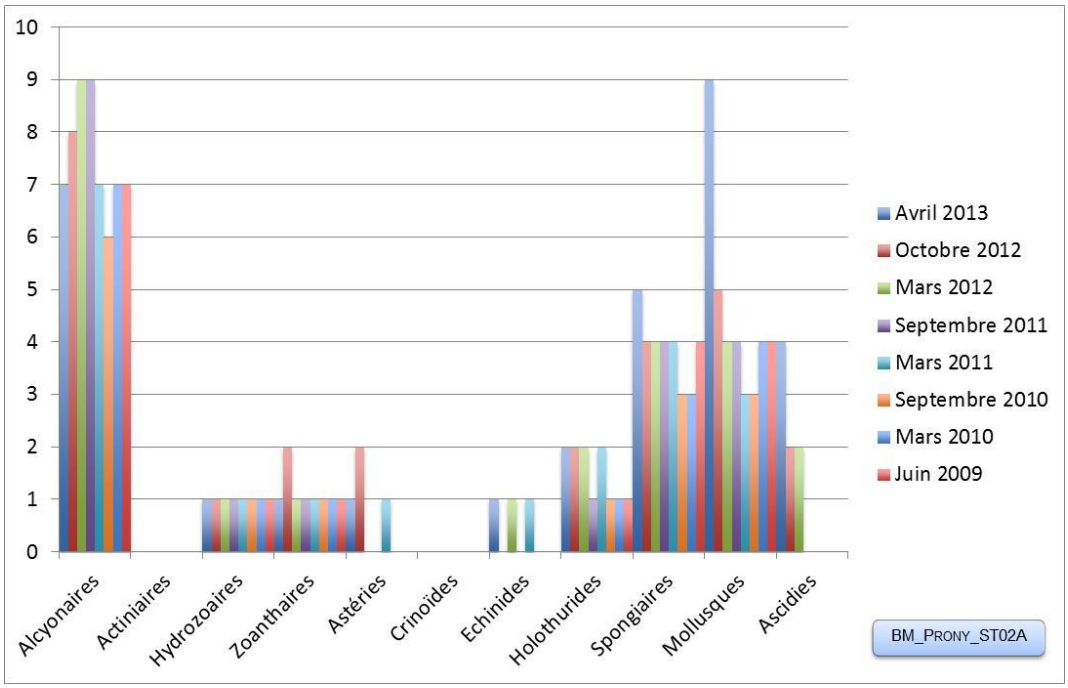


Figure n°20 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST02A)

4.2.2.2 Benthos Transect 02 B

4.2.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST02B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST02B est composée de 84 espèces coralliennes dont 78 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (branchu et encroûtant), une espèce de gorgone, 2 espèces d'antipathaires.

Les familles scléractiniaires (78 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (16 taxons), les Faviidae (14 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Pectiniidae (7 taxons), les Fungiidae (6 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Dendrophylliidae (3 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons).

Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
Le blanchissement corallien affecte 31/78 espèces de scléractiniaires (39,7%).
Le blanchissement visuel est de 2% de la surface du couloir.

Tableau n°33 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST02B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
11 espèces : •*Antipathus* sp. (A1), •*Cirripathes* sp. (A2), •*Caulastrea curvata* (A1), •*Echinopora gemmacea* (A1), •*Favia* spp. (2spp./+1spp.) (A2),	3 espèces : •*Montipora* spp. (2spp., A3/+ 1), •*Platygyra pini* (A2/+ 1).	31 espèces blanchies (39, 7%) : ➢ 3 espèces précédemment blanchies (3, 8%) : •*Acropora grandis* (B1), •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2) ; ➢ 28 espèces nouvellement blanchies (35, 9%) : •*Anacropora forbesi* (B1, N),

•*Leptastrea transversa* (A1), •*Fungia* spp. (2spp./+1spp.) (A2), •*Lobophyllia hattaii* (A1), •*Lobophyllia pachysepta* (A1), •*Echinomorpha nishihirai* (A2), •*Echinophyllia echinoporoides* (A1).		•*Anacropora puertogalerae* (B1, N), •*Astreopora gracilis* (B1, N), •*Astreopora myriophthalma* (B1, N), •*Montipora* spp. (1spp.B*, B2, N), •*Leptoseris tubulifera* (B1, N), •*Pachyseris speciosa* (B1, N), •*Pavona venosa* (B1, N), •*Turbinaria mesenterina* (B1, N), •*Turbinaria reniformis* (B1, N), •*Turbinaria stellulata* (B1, N), •*Barabattoia amicorum* (B1, N), •*Cyphastrea japonica* (B1, N), •*Echinopora gemmacea* (B1, N), •*Echinopora lamellosa* (B1, N), •*Favia speciosa* (B1, N), •*Favia* spp. (1spp.B*, B1, N). •*Favites* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Hydnophora pilosa* (B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Blastomussa merleti* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Galaxea paucisepta* (B1, N), •*Pocillopora damicornis* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N), •*Stylophora pistillata* (B1, N), •*Porites lobata* (B1, N), •*Coscinaraea columna* (B1, N)..
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
8 espèces : •*Acropora* (branchu) (4spp./-1spp.A4/-0), •*Acropora* (tabulaire) (A0/-2), •*Pavona cactus* (A0/-1), •*Echinopora* sp. (A0/-1), •*Favites halicora* (A0/-1), •*Goniastrea retiformis* (A0/-2), •*Fungia simplex* (A0/-2), •*Galaxea astreata* (A0/-2).	10 espèces : •*Acropora florida* (A1/- 1), •*Acropora grandis* (A1/- 1), •*Astreopora moretonensis* (A2/- 1), •*Cyphastrea japonica* (A2/- 1), •*Hydnophora pilosa* (A1/- 1), •*Hydnophora rigida* (A1/- 1), •*Merulina scabricula* (A1/- 1), •*Lobophyllia hemprichii* (A1/- 1), •*Oxypora glabra* (A1/- 1), •*Coscinaraea columna* (A2/- 1).	➢ une seule espèce a réintégré toutes ses zooxanthelles : •*Mycedium elephantotus* (B- 1, øß) ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement se réduire.

Tableau n°34 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST02B)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**6.3**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106,395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 34).

Tableau n°35 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST02B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	16	18	17	14	14	14	14	14	14
Agaraciidae	5	6	6	6	6	5	5	5	4
Astrocoeniidae	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Faviidae	14	13	12	11	11	12	11	11	10
Fungiidae	6	6	6	3	3	3	3	3	3
Merulinidae	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mussidae	7	5	5	5	5	5	5	5	3
Oculinidae	2	3	3	3	3	2	2	2	2
Pectiniidae	7	5	5	5	6	5	5	5	4
Pocilloporidae	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Poritidae	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Siderastreidae	4	4	3	3	4	4	4	4	5
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**78**	**77**	**74**	**66**	**68**	**66**	**65**	**65**	**60**

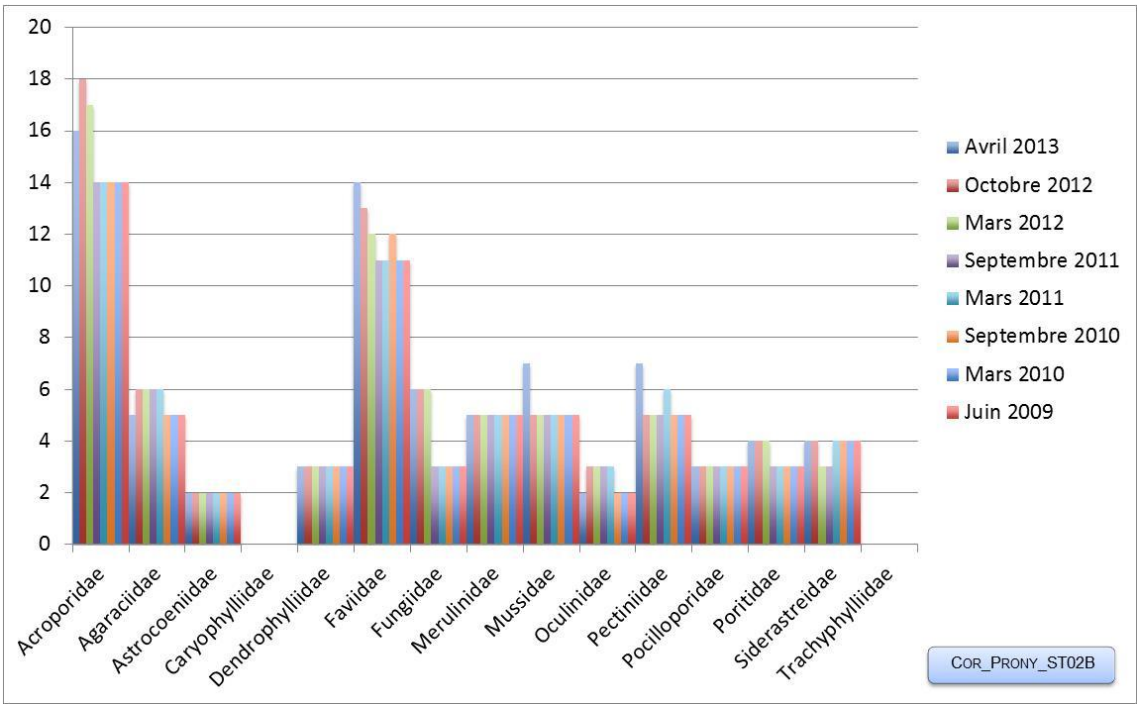


Figure n°21 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST02B)

4.2.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST02B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST02B est composée de 26 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies et de 5 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°36 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST02B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-2), •*Sinularia flexibilis* (A0/-2) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2)	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa* sp. (A1/- 1).
Échinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Culcita novaeguineae* (A0/-1)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A2/+ 1)
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (2 espèces) : •*Charonia tritonis* (A1), •*Cypraea* sp. (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Pteristernia reincarnata* (A0/-1)	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Isognomon isognomon* (A3/+ 1).
Éponges	
☑	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona orientalis* (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona jullienei* (A3/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-1).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°37 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST02B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	6	8	8	8	8	7	7	7	5
Actiniaires	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	1	3	3	2	1	0	0	1	1
Crinoïdes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échinides	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Holothurides	3	3	2	2	1	1	3	2	2
Spongiaires	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Mollusques	6	4	3	4	3	3	3	3	1
Ascidies	2	3	1	1	0	1	1	1	1
Total	**26**	**30**	**27**	**25**	**19**	**17**	**19**	**20**	**16**

Tableau n°38 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST02B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**22.19**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 38).

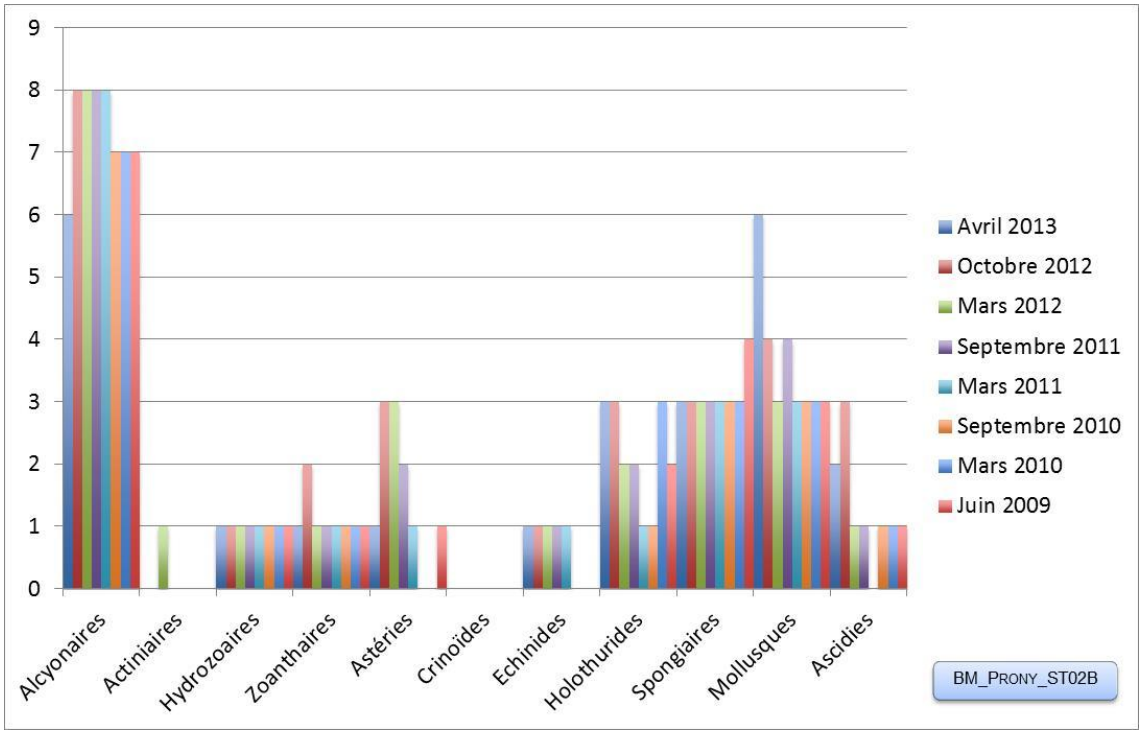


Figure n°22 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST02B)

4.2.3 Les poissons (ST02)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[5] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 39.

Tableau n°39 : Données sur les poissons (ST02)

Creek baie nord ST02		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Ble	*Ecsenius bicolor*				1	0,01	0,01	0,50	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon lunulatus*	2	0,03	0,42				1,00	0,01	0,21
Cha	*Chaetodon melannotus*	2	0,03	0,17				1,00	0,01	0,08
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	76,82				0,50	0,01	38,41
Lab	*Labroides dimidiatus*	3	0,04	0,63				1,50	0,02	0,32
Pom	*Abudefduf whitleyi*	20	0,25	2,76	8	0,10	3,43	14,00	0,18	3,09
Pom	*Chrysiptera rollandi*	15	0,19	0,04	3	0,04	0,03	9,00	0,11	0,03
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	250	3,13	5,84				125,00	1,56	2,92
Total		**293**	**3,66**	**86,68**	**12**	**0,15**	**3,46**	**152,5**	**1,91**	**45,07**
Biodiversité		**7**			**3**			**8**		
Indice de Shannon =		1,007								
Equitabilité =		0,336								

Sur l'ensemble des transects de la station, 305 individus appartenant à 8 espèces différentes (tableau 39) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.91 poissons/m² pour une biomasse de 45.07 g/m².
68 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 40).

Tableau n°40 : Liste des espèces complémentaires (ST02)

Creek baie nord ST02					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Naso unicornis*	Gob	*Valenciennea decora*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	Pom	*Chromis analis*
Apo	*Apogon angustatus*	Hol	*Myripristis kuntee*	Pom	*Chromis margaritifer*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Ble	*Ecsenius bicolor*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cae	*Caesio cuning*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Neopomacentrus nemurus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Stegastes punctatus*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus bleekeri*
Cha	*Chaetodon speculum*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Let	*Monotaxis heterodon*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*

[5] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Cha	*Heniochus acuminatus*	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Cha	*Heniochus chrysostomus*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Lut	*Lutjanus russellii*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Cromileptes altivelis*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Epinephelus howlandi*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Epinephelus merra*	Ple	*Assessor macneilli*		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 41 et spécifiquement pour cett campagne sur la figure 23.

Tableau n°41 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST02)

Familles	Creek baie nord ST02									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	1	2						1	1	
Anthiniidae							1			
Blenniidae			1		1		1			**1**
Caesionidae							1			
Canthigasteridae							1			
Chaetodontidae	1	2	1	2	2	3	5	4	3	**2**
Epinephelinae	1	2	2	1	1	2	1	2	1	**1**
Haemulidae		1					1			
Labridae	1	1	1	2		2			1	**1**
Mullidae									1	
Nemipteridae		1	1	1		1		1	1	
Pomacentridae	1	3	3	3	3	1	3	4	3	**3**
Scaridae	1			1	1	2	1	2	3	
Siganidae						2	1		2	
Total espèce	**6**	**12**	**9**	**10**	**8**	**7**	**16**	**14**	**16**	**8**
Total familles	**6**	**7**	**6**	**6**	**6**	**8**	**10**	**6**	**9**	**5**

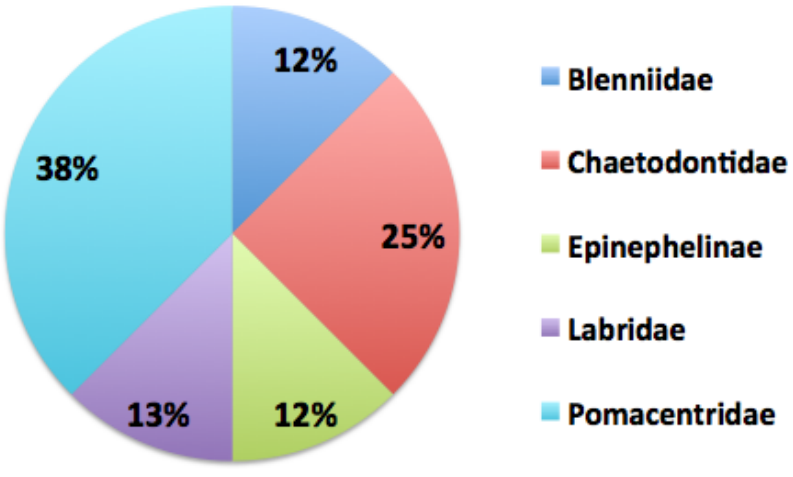


Figure n°23 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST02)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 42), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°42 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2013 (ST02)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
75,28	117	146,33	5/14

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 43 et la figure 24.

Si l'on s'en tient au peuplement vu sur les transects, la biodiversité semble très faible. La prise en considération de la liste complète montre au contraire un peuplement exceptionnel, tant sur la Biodiv.2 que sur la Biodiv.3.

Tableau n°43 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02)

Creek baie nord ST02		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	172	2,41	39,60	16		
	Transect B	25	0,31	0,59	3		
	Moy. AB	152,50	1,91	45,07	8	49	68
2012 b	Moy. AB	88,50	1,36	20,09	16	36	51
2012 a	Moy. AB	89,00	1,10	23,17	13	41	52
2011 b	Moy. AB	134,00	1,18	100,16	16	38	54
2011 a	Moy. AB	35,50	0,45	56,40	13	27	38
2010 b	Moy. AB	45	1,41	4,23	8	39	51
2010 a	Moy. AB	33,50	1,68	6,71	10	33	47
2009	Moy. AB	29,50	1,49	6,73	9	13	34
2008	Moy. AB	35,50	1,76	26,05	12	19	30
2007	Moy. AB	33,50	1,12	5,46	6	23	33

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 44 et représentation figure 26.

Tableau n°44 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

	Nb ind.	**Densité**	**Biom.**	**Biodiv.1**	**Biodiv.2**	**Biodiv.3**
Variance	2 095,61	0,17	928,19	12,03	97,36	99,44
Coef. de Var.	0,79	0,32	1,10	0,30	0,33	0,23

Les transects sont pauvres en espèces (Biodiv.1). En revanche, les massifs coralliens sur la zone d'observation alentour sont exceptionnellement riches (Biodiv.2 et 3). Les augmentations de densité et de biomasse sont conjucturelles ; l'une du fait d'un récent recrutement de la Demoiselle (*Pomacentrus aurifrons*) , l 'autre du fait de la présence d'une loche saumonée intéressée par la présence du plongeur.

Certains paramètres présentent des variations interannuelles importantes, comme la biomasse avec plus 250 %

pour, d'autres comme les paramètres de biodiversité sont beaucoup plus stables.
A part la biodiversité sur le transect (Biodiv.1) tous les autres indicateurs sont positifs, voire exceptionnels.

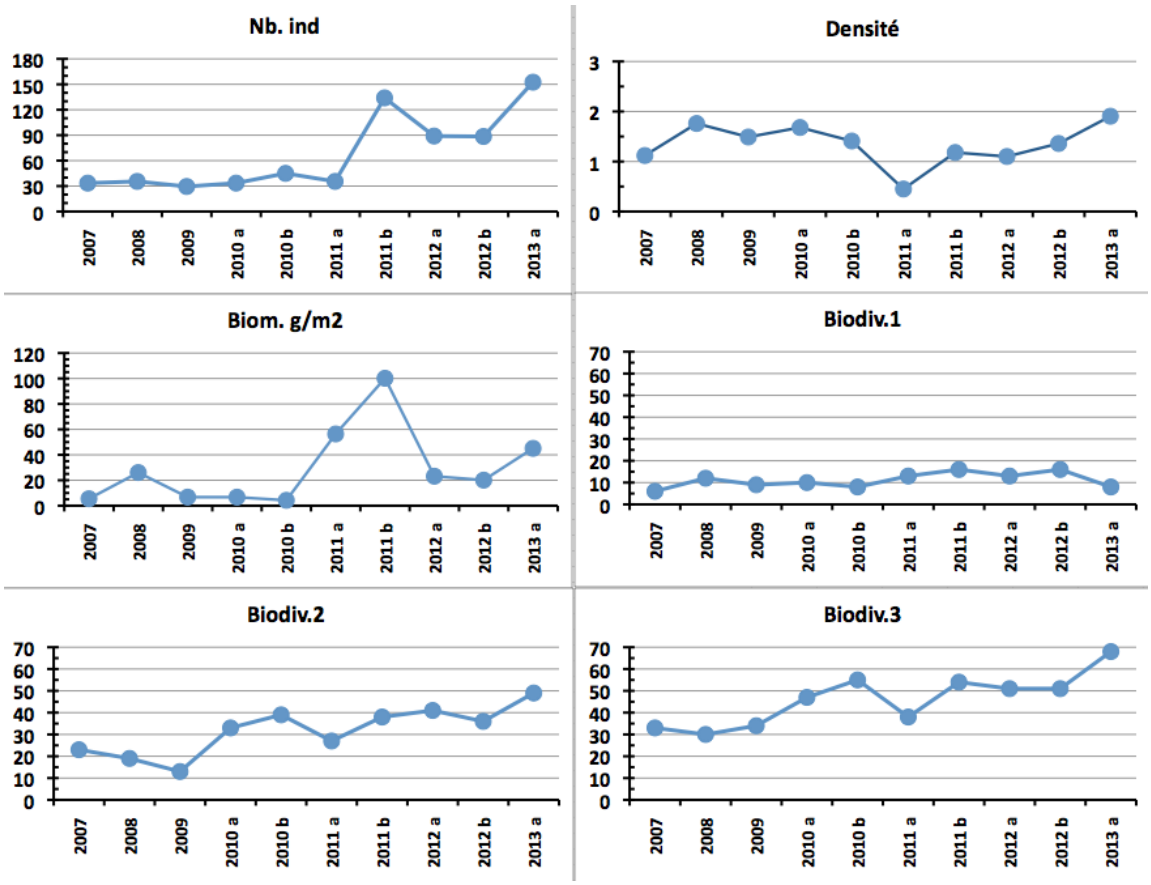


Figure n°24 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

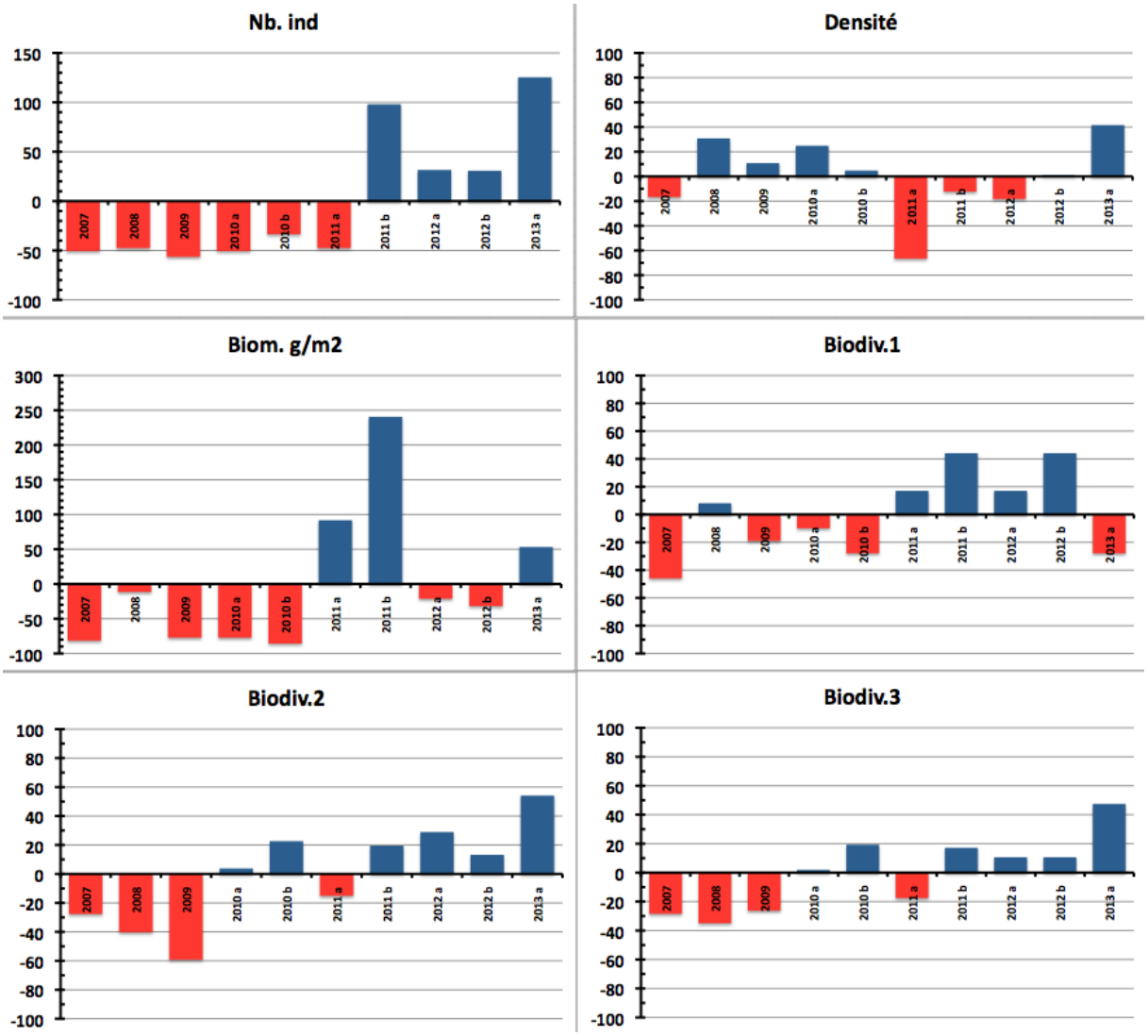


Figure n°25 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

4.3 Station 03 = Port

Localisation géographique	Au sud-est des quais du projet Goro Nickel (à +/- 150 m au plus près). Un petit creek (visible sur la photographie aérienne de la carte 05) débouche sur la côte, légèrement à l'est.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été installés perpendiculairement à la pente à 5, 10 et 13 mètres de profondeur, dans une direction est-ouest.
	Le sommet de la pente sédimentaire a une inclinaison faible (entre 10 et 15°) puis cette inclinaison augmente de manière importante (35° à 40°) pour les profondeurs avoisinant les 15 mètres. Le transect A est sur un substrat peu colonisé et composé de vase sableuse avec des débris coralliens. Le transect C est situé en bas de pente.

Description générale

Cette station est située sur la pente récifale bordant un petit récif frangeant relativement bien préservé, mais la zone est fortement envasée. Cette sédimentation provient des apports terrigènes qui sont charriés par les creek et les rivières autour de cette zone. Lors de précipitations de nombreuses particules terrestres sont entraînées par ruissellement dans les cours d'eau créant un panache turbide se répartissant dans la baie selon les courants. En surface la visibilité peut être réduite à cause de l'apport d'eau douce de la rivière et de résurgences avec des matières en suspension (halocline : masse d'eau douce sur masse d'eau salée).

Le haut de la pente récifale (entre 3 et 6 m de profondeur) est composé de vase sur laquelle se développe des massifs coralliens épars et des *Halimeda gigas*. Ces blocs coralliens sont dispersés de manières hétérogènes et sont recouverts principalement par des algues brunes et de petites colonies coralliennes. Puis, à partir de 6 m de profondeur jusqu'en bas de pente, la pente récifale devient plus inclinée et le dépôt sédimentaire est de plus en plus important avec la profondeur. Le développement corallien va être en relation avec ce facteur limitant. Les colonies vont être de plus en plus petites avec la profondeur et les coraux branchus et les coraux à longs polypes vont se développer préférentiellement.
Pour les coraux branchus, la croissance est plus rapide que l'envasement, les colonies ne sont jamais recouvertes. Pour les coraux à longs polypes, les colonies coralliennes peuvent se dégager des dépôts vaseux par l'intermédiaire de leurs longs polypes.

Cette station est à surveiller car la proximité du port et les mouvements de gros bateaux peuvent occasionner une remobilisation des particules sédimentaires et un envasement plus conséquent des colonies coralliennes (pouvant entraîner des proliférations de cyanobactéries et la présence de *Culcita*, une étoile mangeuse de corail).

Caractéristiques principales

- Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide
- Présence en grand nombre d'espèces à longs polypes *Alveopora* spp., *Alveopora catalai*, *Goniopora* spp. et d'espèces à croissance rapide *Acropora* spp. à mi pente
- Le recouvrement en algues brunes (*Lobophora variegata*) est toujours aussi important
- Les alcyonaires (*Sarcophyton)* sont très nombreux
- La mortalité corallienne est induite par l'apport d'eau douce au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation en profondeur

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

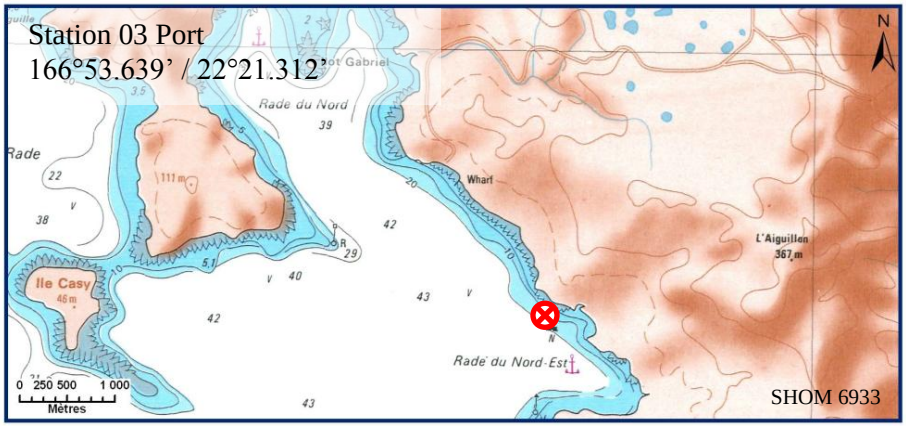
- Contrairement à la mission précédente la richesse spécifique des coraux a diminué au transect A et est

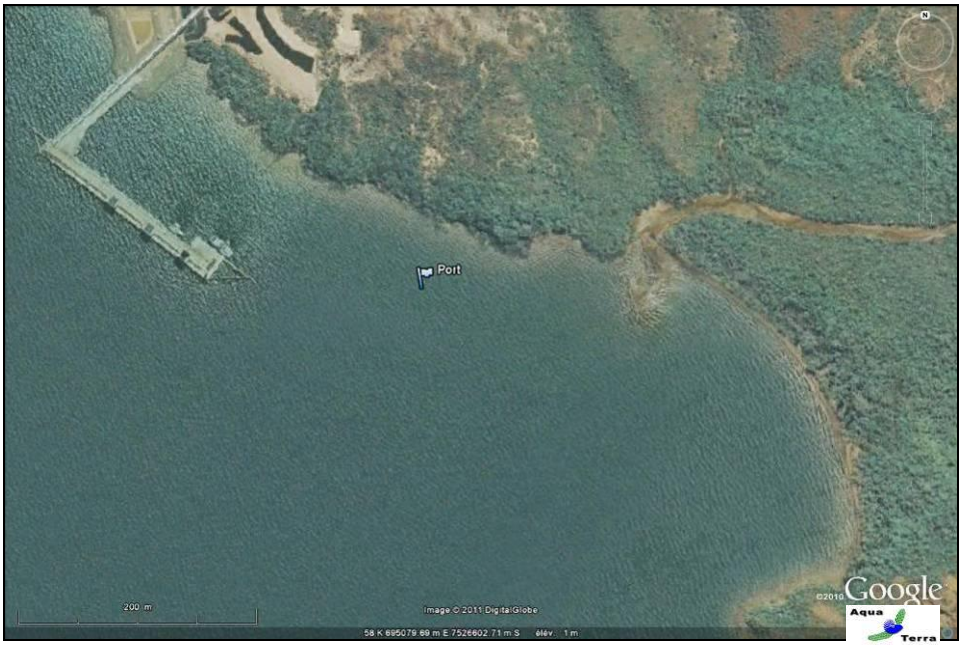
légère augmentation B&C.

- Le blanchissement corallien affecte 7/95 espèces de scléractiniaires (7.4%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (0.83% de la surface totale observée)
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- Absence de *Culcita novaeguineae* (alternance cyclique de cette étoile de mer en coussin prédatrice des coraux)
- Recouvrement modéré des cyanobactéries sur les trois transects et recouvrement en augmentation sur les transects B&C
- Légère augmentation de recouvrement des *Cliones* en B&C qui colonisent les substrats durs comme les coraux vivants



Photo n°11 : <u>Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03)</u>





Carte n°5 : Localisation de la station 03 (Port)



Photo n°12 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03)

4.3.1 Le substrat (ST03)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 26 pour le transect A, dans la figure 27 pour le transect B et dans la figure 28 pour le transect C.

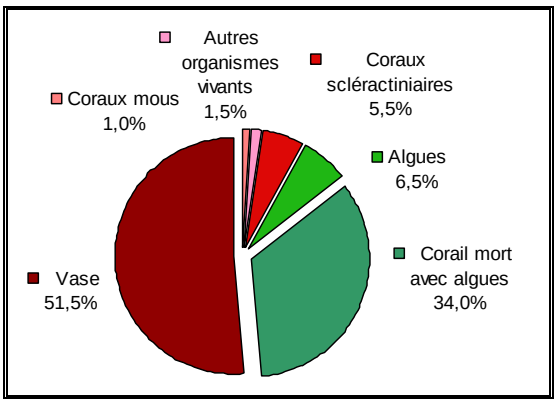


Figure n°26 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A

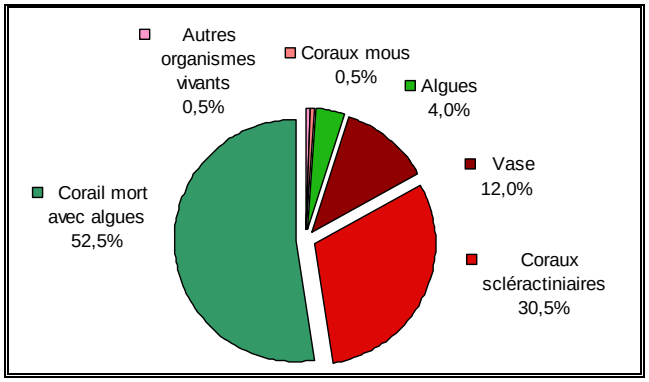


Figure n°27 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B

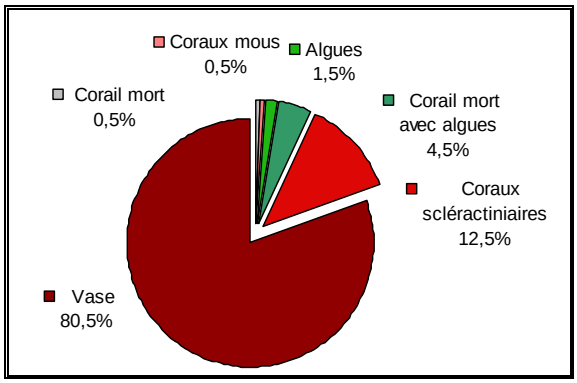


Figure n°28 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C

Le transect A est caractérisé par des fonds abiotiques (51.5%), dus à la vase. Les coraux scléractiniaires sont faiblement présents : 5.5%.
Le transect B a un recouvrement biotique important (88%) du à une grande part de « Corail mort avec algues » (52.5%) mais aussi aux coraux scléractiniaires qui sont à mi-hauteur correctement représentés (30.5%).
Le transect C est très vaseux (80.5% de vase pour 81% d'abiotique), avec un peu de coraux scléractiniaires (12.5%). A noter : 0.5% de corail blanc (un *Acropora*).

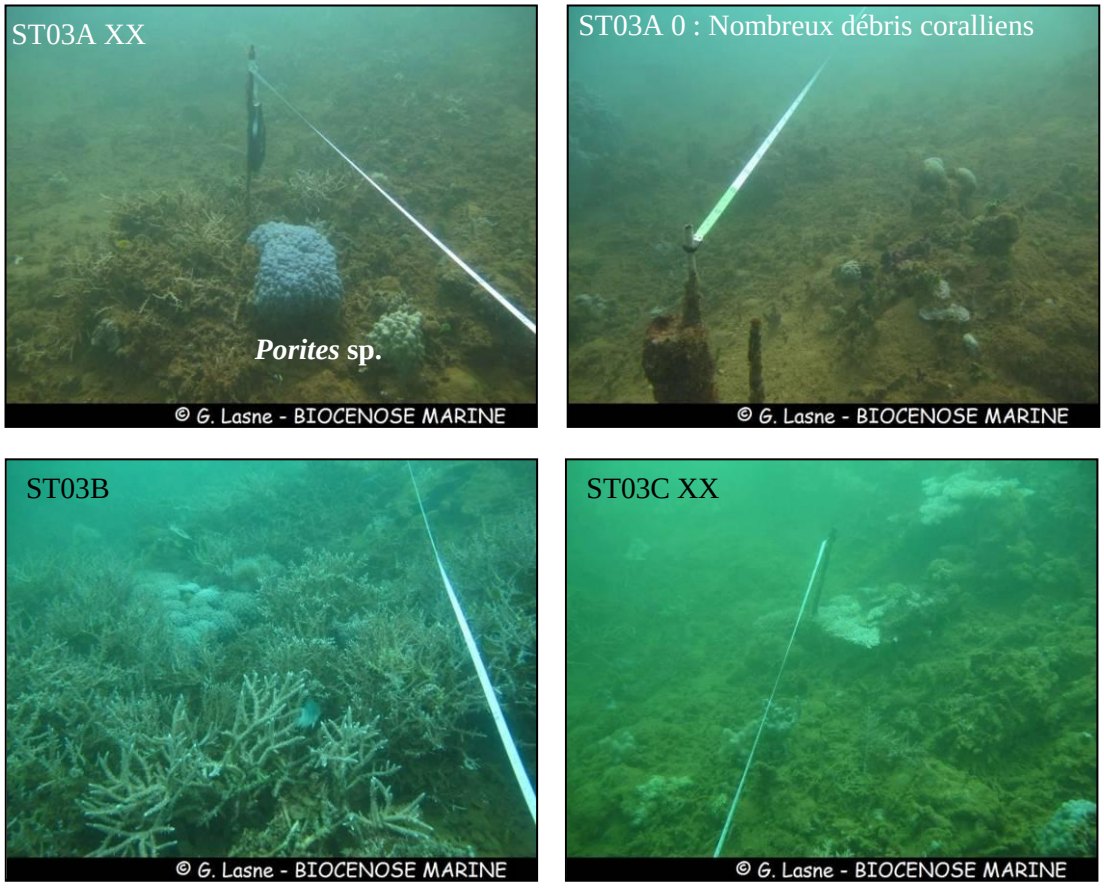
La station dans son ensemble est stable. A noter : aucune cyanobactérie pour cete mission.

4.3.2 Le benthos (ST03)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station du Port (ST03) est composée de 100 espèces coralliennes, de 38 espèces d'invertébrés, de 8 espèces de macrophytes et d'une espèce de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **100 espèces coralliennes** (dont 95 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), 2 espèces d'antipathaires).
  Les familles scléractiniaires (95 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (20 taxons), les Agaraciidae (13 taxons), les Faviidae (13 taxons), les Fungiidae (12 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Pectiniidae (6 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Astrocoeniidae (3 taxons), les Merulinidae (3 taxons), les Oculinidae (3 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons), les Siderastreidae (3 taxons), les Dendrophylliidae (2 taxons).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 7/95 espèces de scléractiniaires (7,4%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 0,83% de la surface totale observée.
- **38 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), échinidés (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies.
- **8 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (3 taxons), algues rouges (1 taxon).
- **1 espèce de cyanobactéries**.



ST03B : Pente récifale : dominance de grands massifs *Acropora* et de l'algue *Lobophora variegata*

Photo n°13 : Vue d'ensemble des transects (ST03)

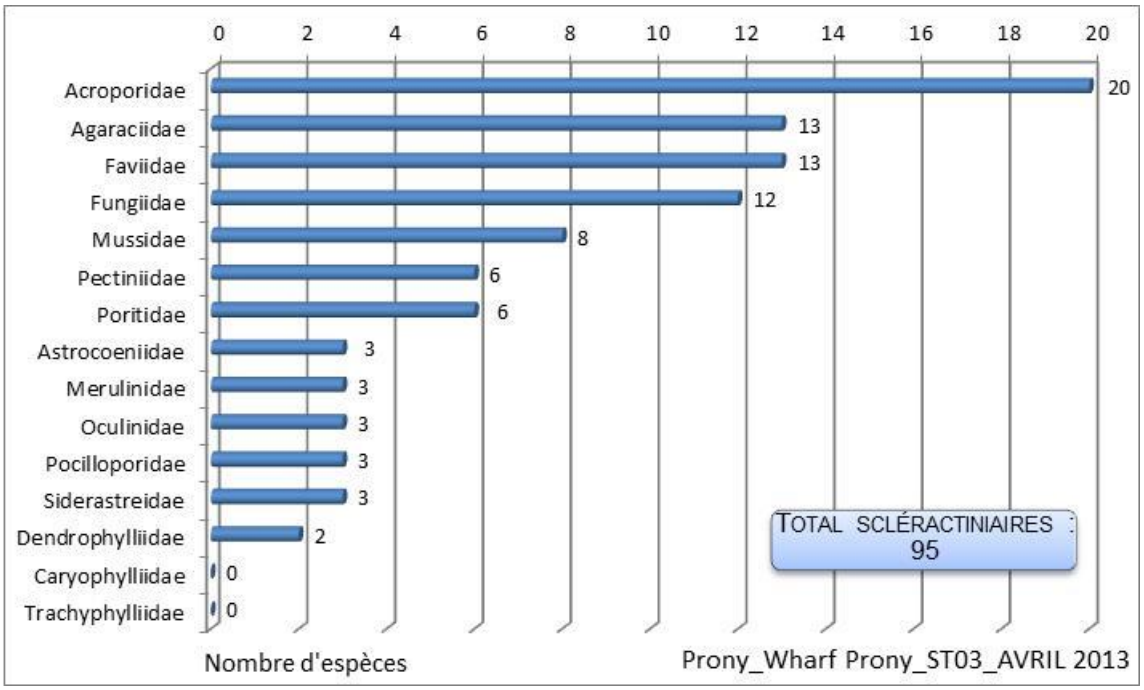


Figure n°29 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST03)

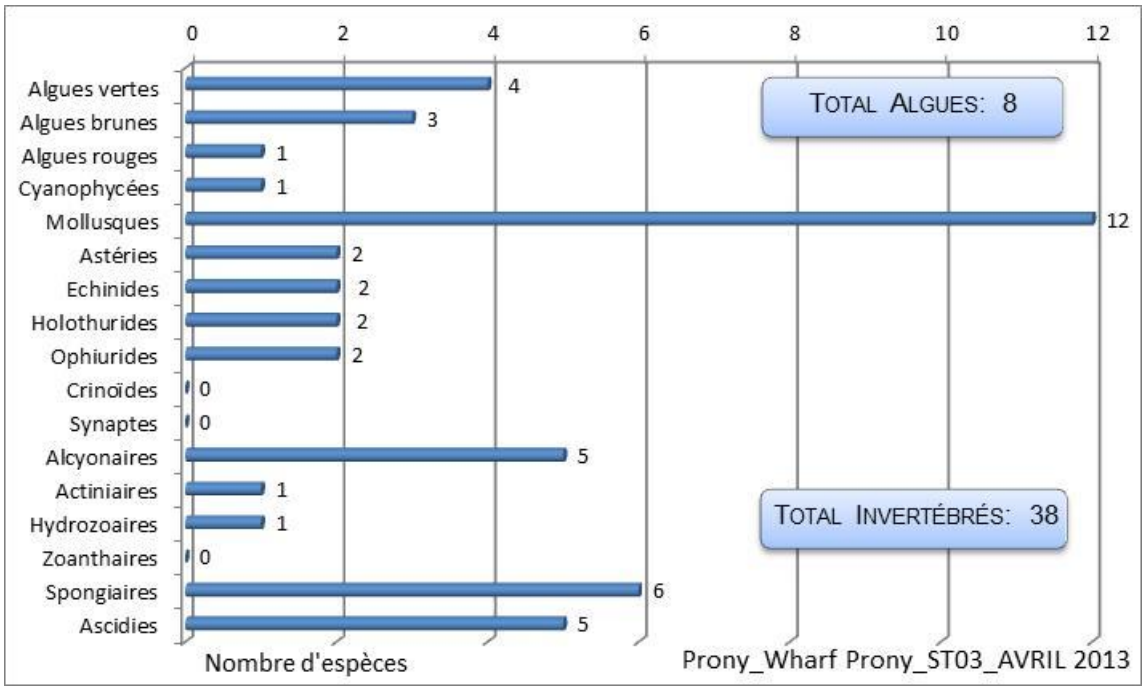


Figure n°30 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)

4.3.2.1 Benthos Transect 03 A

4.3.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST03A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST03A est composée de 55 espèces coralliennes dont 54 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (branchu).

Les familles scléractiniaires (54 taxons au sein de 11 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (12 taxons), les Acroporidae (9 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Agaraciidae (4 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Astrocoeniidae (3 taxons), les Oculinidae (3 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons), les Merulinidae (2 taxons), les Pectiniidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Dendrophylliidae, des Siderastreidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 6/54 espèces de scléractiniaires (11,1%).
Le blanchissement visuel est de 1% de la surface du couloir.

Tableau n°45 : Variations entre et octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST03A)*

Evolution de la richesse spécifique des coraux*	Evolution de l'abondance	Blanchissement corallien
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
3 espèces : •*Lobophyllia hattaii* (A1), •*Scolymia australis* (A1), •*Galaxea paucisepta* (A1).	Une seule espèce : •*Lobophyllia corymbosa* (A2/+ 1)	6 espèces blanchies (11, 1%) : ➢ 2 espèces précédemment blanchies (3, 7%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B1) ; ➢ 4 espèces nouvellement blanchies (7, 4%) : •*Acropora* (tabulaire) (B1, N), •*Montipora* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
9 espèces : •*Acropora grandis* (A0/-2), •*Montipora* spp. (2spp./-1spp.A3/-0), •*Pavona cactus* (A0/-2), •*Turbinaria heronensis* (A0/-2), •*Leptastrea purpurea* (A0/-1), •*Platygyra pini* (A0/-1), •*Cycloseris cyclolites* (A0/-1), •*Polyphyllia talpina* (A0/-1), •*Lobophyllia* sp. (A0/-1).	3 espèces : •*Palauastrea ramosa* (A2/- 1), •*Echinopora gemmacea* (A1/- 1), •*Galaxea astreata* (A1/- 1).	➢ aucune espèce n'a réintégré ses zooxanthelles ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement se réduire.

Tableau n°46 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST03A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	9	11	9	10	9	9	8	7	8
Agaraciidae	4	5	3	3	3	2	2	2	0
Astrocoeniidae	3	3	2	2	2	2	2	2	1
Caryophylliidae	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Dendrophylliidae	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Faviidae	12	14	11	9	9	9	7	7	6
Fungiidae	4	6	3	3	3	3	3	3	3
Merulinidae	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Mussidae	8	7	6	6	6	5	4	4	4
Oculinidae	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	1	1	2	2	2	2	1	1	2
Pocilloporidae	3	3	2	2	2	2	2	2	2
Poritidae	5	5	6	6	6	6	5	5	5
Siderastreidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**54**	**60**	**49**	**47**	**46**	**44**	**38**	**37**	**34**

Tableau n°47 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST03A)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**17.67**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106,395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 47).

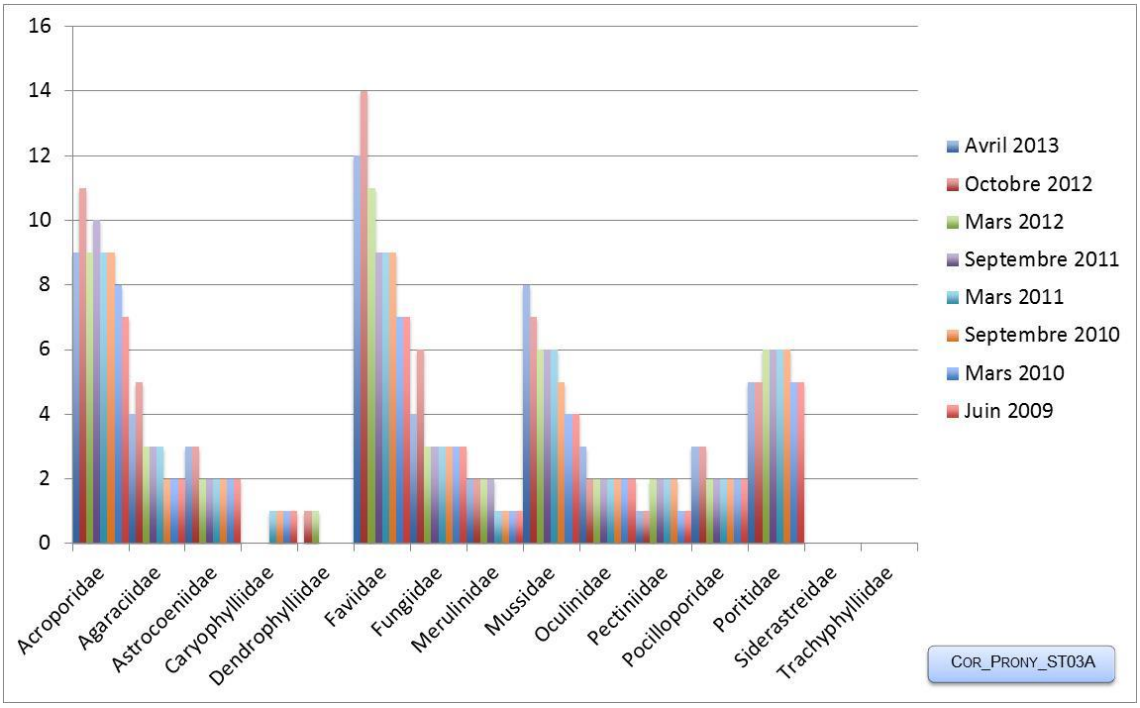


Figure n°31 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST03A)

4.3.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST03A est composée de 25 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), holothurides (2 taxons), échinidés (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies, et de 8 espèces de macrophytes : algues vertes (4 taxons), algues brunes (3 taxons), algues rouges (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°48 : Variations entre et octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST03A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Caulerpa* sp. (A0/-2), •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-1).	3 espèces d'algues augmentent, dont 3 vertes : •*Halimeda* sp. (3spp., A5/+1). 2 espèces d'algues diminuent, dont l'algue brune : •*Lobophora variegata* (A3/-1) et l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2/-1)
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •Cyanophycées ind. (pompon) (A0/-2).	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue :	☑

➢ pour les zoanthaires : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2)	
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A1) 5 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1) ➢ pour les échinides (-3 espèce) : •*Diadema savignyi* (A0/-1), •*Diadema* sp. (A0/-1), •*Parasalenia gratiosa* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches : •*Phyllidiella pustulosa* (A1). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Conus miles* (A0/-1), •*Lambis lambis* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A2/+ 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dysidea herbacea* (A2).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •*Cliona orientalis* (A3/+ 1), •*Spheciospongia vagabunda* (A3/+ 1).
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°49 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST03A)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	3	3	3	4	5	4	4	4	4
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Zoanthaires	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Astéries	2	3	1	1	1	2	1	3	2
Crinoïdes	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Échinides	1	4	3	2	1	1	1	1	1
Holothurides	2	2	1	1	2	3	3	3	3
Spongiaires	5	4	3	3	3	3	2	2	2
Mollusques	6	7	6	7	3	3	3	3	2
Ascidies	4	6	1	1	1	1	1	1	1
Total	**26**	**33**	**21**	**21**	**16**	**17**	**15**	**17**	**15**

Tableau n°50 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST03A)

Degré de liberté	ddl	56
Somme de tout	Khi² obs.	**27.39**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	74.47

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau

50).

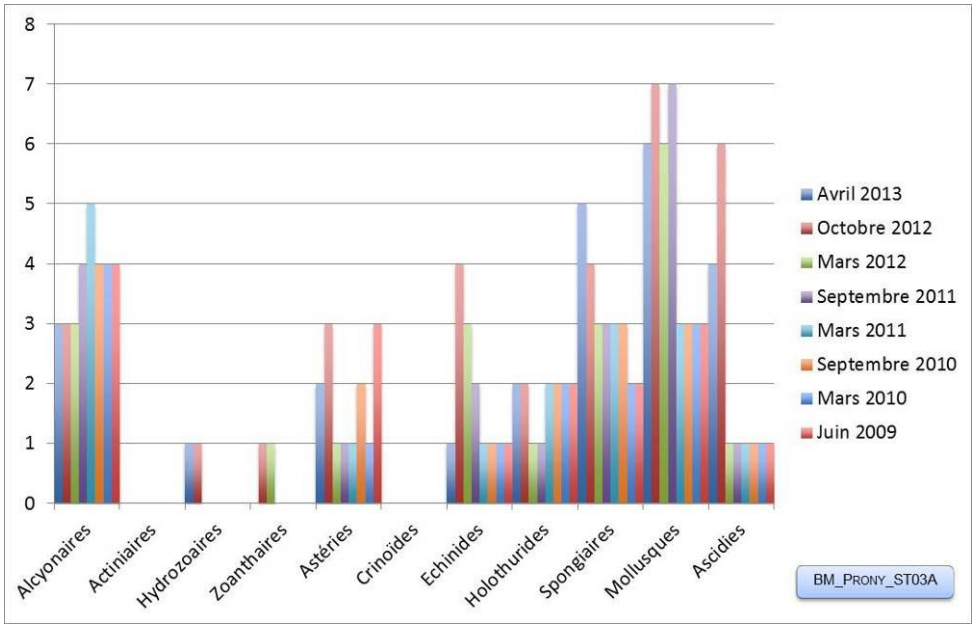


Figure n°32 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST03A)

4.3.2.2 Benthos Transect 03 B

4.3.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST03B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST03B est composée de 68 espèces coralliennes dont 66 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (branchu), une espèce d'antipathaire.

Les familles scléractiniaires (66 taxons au sein de 12 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (17 taxons), les Fungiidae (10 taxons), les Agaraciidae (8 taxons), les Faviidae (7 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Astrocoeniidae (3 taxons), les Oculinidae (3 taxons), les Merulinidae (2 taxons), les Pectiniidae (2 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Pocilloporidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Dendrophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 4/66 espèces de scléractiniaires (6,1%).
Le blanchissement visuel est de 1% de la surface du couloir.

Tableau n°51 : Variations entre et octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST03B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
10 espèces : •*Cirripathes* sp. (A2), •*Acropora* (branchu) (6spp./+1spp.) (A5), •*Pachyseris rugosa* (A2), •*Sandalolitha robusta* (A1), •*Lobophyllia hattaii* (A1), •*Scolymia vitiensis* (A1), •*Galaxea fascicularis* (A2), •*Echinomorpha nishihirai* (A2), •*Goniopora* sp. (A2), •*Psammocora haimeana* (A1).	Aucune	4 espèces blanchies (6,1%) : ➢ Aucune espèce précédemment blanchie. ➢ 4 espèces nouvellement blanchies (6,1%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (B1, N), •*Montipora* spp. (1spp.B*, B1, N).

Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	Diminution d'abondance	Evolution du blanchissement
3 espèces : •*Echinopora* sp. (A0/-2), •*Lobophyllia* sp. (A0/-1), •*Porites nigrescens* (A0/-2).	4 espèces : •*Montipora undata* (A1/- 1), •*Cycloseris cyclolites* (A1/- 1), •*Alveopora catalai* (A2/- 1), •*Alveopora* sp. (A3/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°52 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST03B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	17	16	17	15	14	14	12	12	10
Agaraciidae	8	7	7	8	8	8	8	7	5
Astrocoeniidae	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faviidae	7	8	9	7	7	7	6	6	6
Fungiidae	10	9	7	4	4	4	4	3	2
Merulinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mussidae	5	4	4	3	2	2	1	1	1
Oculinidae	3	2	2	2	1	1	1	1	1
Pectiniidae	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Pocilloporidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Poritidae	6	6	6	6	6	6	5	5	5
Siderastreidae	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**66**	**60**	**60**	**52**	**49**	**49**	**44**	**42**	**36**

Tableau n°53 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST03B)

Degré de liberté	ddl	77
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**18.28**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	98,484

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 53).

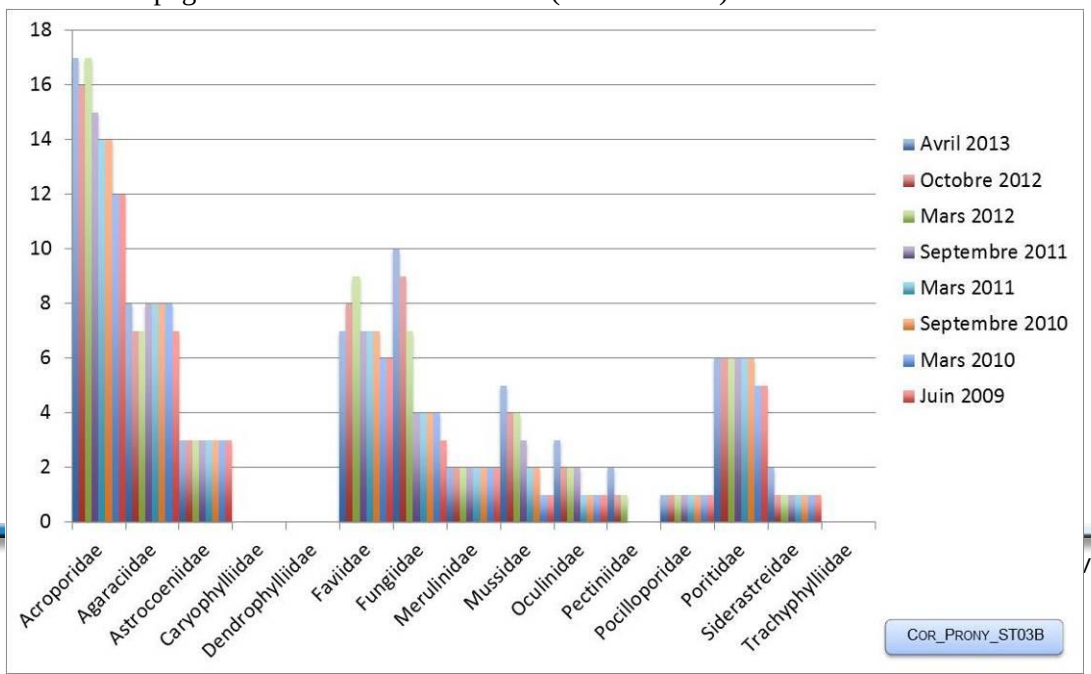


Figure n°33 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST03B)

4.3.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST03B est composée de 26 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : échinidés (2 taxons), ophiurides (2 taxons), holothurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies, et de 6 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°54 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST03B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
1 nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2) ; / 1 espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Caulerpa* sp. (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A2)	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires : •*Nephthea* sp. (A3) Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les zoanthaires : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-3).	☑
Échinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Fromia monilis* (A0/-1), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 sp) :•*Stichopus variegatus* (A0/-1)	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A2/+ 1) ➢ pour les ophiurides (1 sp) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A3/+1) 1 espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides : •*Parasalenia gratiosa* (A1/-1)
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A1) ; ➢ pour les gastéropodes (2 espèces) : •*Latirolagena smaragdula* (A2), •*Pteristernia reincarnata* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches : •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pteria* sp. (A1/- 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •Sp ind. (noire) (A2). Une espèce d'éponges disparue : •Sp ind. (orange) (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona orientalis* (A3/+ 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°55 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST03B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	4	3	3	3	3	3	3	3	3
Actiniaires	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Zoanthaires	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Astéries	0	2	2	1	1	0	0	2	1
Crinoïdes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échinides	2	2	1	0	0	1	0	0	0
Holothurides	1	2	3	1	1	1	0	0	0
Spongiaires	6	6	4	3	2	2	2	3	3
Mollusques	6	4	5	5	2	0	0	0	0
Ascidies	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Total	**27**	**27**	**24**	**16**	**9**	**7**	**5**	**8**	**8**

Tableau n°56 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST03B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**42.15**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 56).

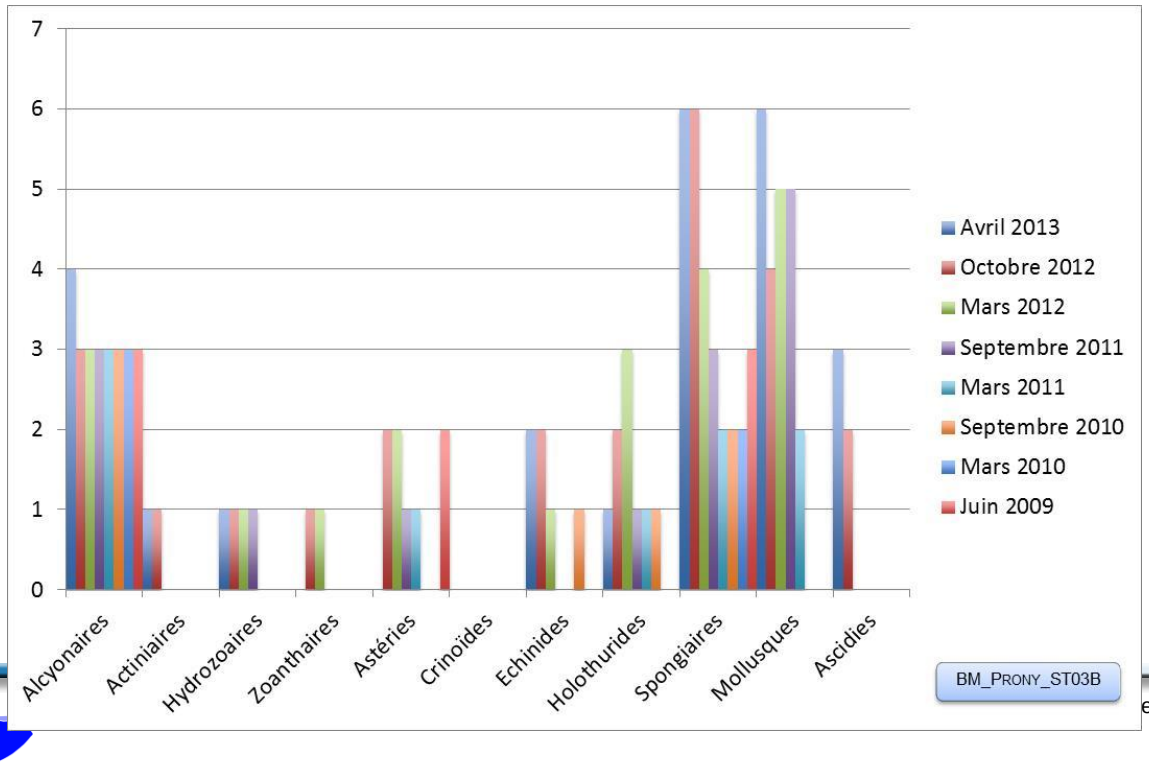


Figure n°34 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST03B)

4.3.2.3 Benthos Transect 03 C

4.3.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST03C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST03C est composée de 73 espèces coralliennes dont 68 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), 2 espèces d'antipathaires.

Les familles scléractiniaires (68 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Agaraciidae (11 taxons), les Acroporidae (10 taxons), les Faviidae (9 taxons), les Fungiidae (9 taxons), les Pectiniidae (6 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Astrocoeniidae (3 taxons), les Oculinidae (3 taxons), les Dendrophylliidae (2 taxons), les Merulinidae (2 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Pocilloporidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 4/68 espèces de scléractiniaires (5,9%).
Le blanchissement visuel est de 0,5% de la surface du couloir.

Tableau n°57 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST03C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
7 espèces : •*Millepora* (submassif) (A1), •*Acropora* (tabulaire) (A2), •*Cycloseris cyclolites* (A1), •*Lobophyllia hattaii* (A1), •*Echinomorpha nishihirai* (A2), •*Echinophyllia echinoporoides* (A1), •*Porites cylindrica* (A1).	5 espèces : •*Cirripathes* sp. (A2/+ 1), •*Astreopora explanata* (A3/+ 1), •*Stylocoeniella armata* (A3/+ 1), •*Barabattoia amicorum* (A2/+ 1), •*Scolymia australis* (A2/+ 1).	4 espèces blanchies (5,9%) : ➢ Aucune espèce précédemment blanchie ➢ 4 espèces nouvellement blanchies (5,9%) : •*Acropora* (branchu) (3spp.B*, B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
3 espèces : •*Montipora* spp. (2spp./-1spp.A3/-0), •*Cycloseris* sp. (A0/-2), •*Porites lobata* (A0/-1).	10 espèces : •*Leptoseris tubulifera* (A2/- 1), •*Turbinaria mesenterina* (A2/- 1), •*Echinopora gemmacea* (A1/- 1), •*Sandalolitha robusta* (A1/- 1), •*Scolymia vitiensis* (A1/- 1), •*Galaxea astreata* (A2/- 1), •*Galaxea fascicularis* (A2/- 1), •*Echinophyllia* sp. (A1/- 1), •*Mycedium elephantotus* (A1/- 1), •*Alveopora catalai* (A2/- 1).	➢ une seule espèce a réintégré toutes ses zooxanthelles : •*Mycedium elephantotus* (B- 1, øß) ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement se réduire.

Tableau n°58 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST03C)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	10	10	11	9	8	8	6	6	6
Agaraciidae	11	11	10	9	9	8	8	8	5
Astrocoeniidae	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Faviidae	9	9	10	8	8	8	8	8	6
Fungiidae	9	9	9	5	5	4	4	4	2
Merulinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mussidae	5	4	4	4	4	4	3	2	2
Oculinidae	3	3	3	3	3	2	2	2	2
Pectiniidae	6	4	4	4	4	4	4	4	2
Pocilloporidae	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Poritidae	5	5	5	5	5	5	5	5	4
Siderastreidae	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**68**	**65**	**65**	**56**	**54**	**51**	**48**	**47**	**35**

Tableau n°59 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST03C)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**10.97**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 59).

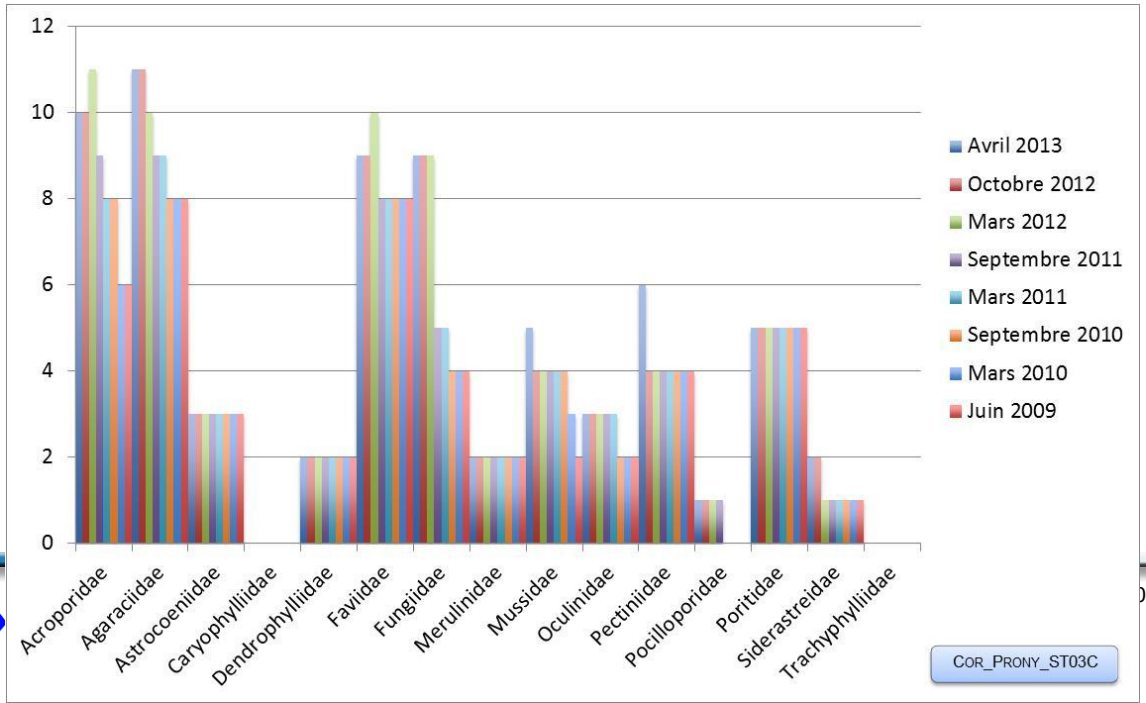


Figure n°35 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST03C)

4.3.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST03C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST03C est composée de 18 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons) ; 3 espèces d'échinodermes : astéries (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 4 espèces d'éponges ; une espèce d'ascidies, et de 4 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°60 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST03C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 1 espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Halimeda* sp. (1spp./-1spp., A2/-0).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 1 sp d'algue diminue, l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2/-1)
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A2).	☑
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les actiniaires (-1 espèce) : •*Discosoma* sp. (A0/-2) ➢ pour les hydrozoaires (-1 sp): •Hydrozoaires ind. (A0/-3) ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind. (A0/-3)	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A3/+ 1)
Échinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Fromia monilis* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-2).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A2/+ 1) ➢ pour les holothurides (1 sp) :•*Holothuria flavomaculata* (A3/+1) ➢ pour les ophiurides (1 sp) :•*Ophiomastix caryophyllata* (A3/+1)
Mollusques	
6 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Athrina* sp. (A0/-1) ; ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Pteristernia reincarnata* (A0/-1), •*Lambis lambis* (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-3 sp) : •*Sagaminopteron ornatum* (A0/-2), •*Cadlinella* sp. (A0/-1), •*Chromodoris kuniei* (A0/-2)	☑
Éponges	
☑	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona jullienei* (A3/- 1).
Ascidies	
/	/
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°61 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST03C)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	5	5	4	5	5	5	5	5	4
Actiniaires	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Hydrozoaires	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Zoanthaires	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Astéries	1	3	4	2	3	2	1	1	2
Crinoïdes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échinides	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Holothurides	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Spongiaires	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Mollusques	5	11	5	5	3	2	2	1	0
Ascidies	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	**18**	**30**	**24**	**19**	**17**	**15**	**13**	**12**	**13**

Tableau n°62 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST03C)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**27.97**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 62).

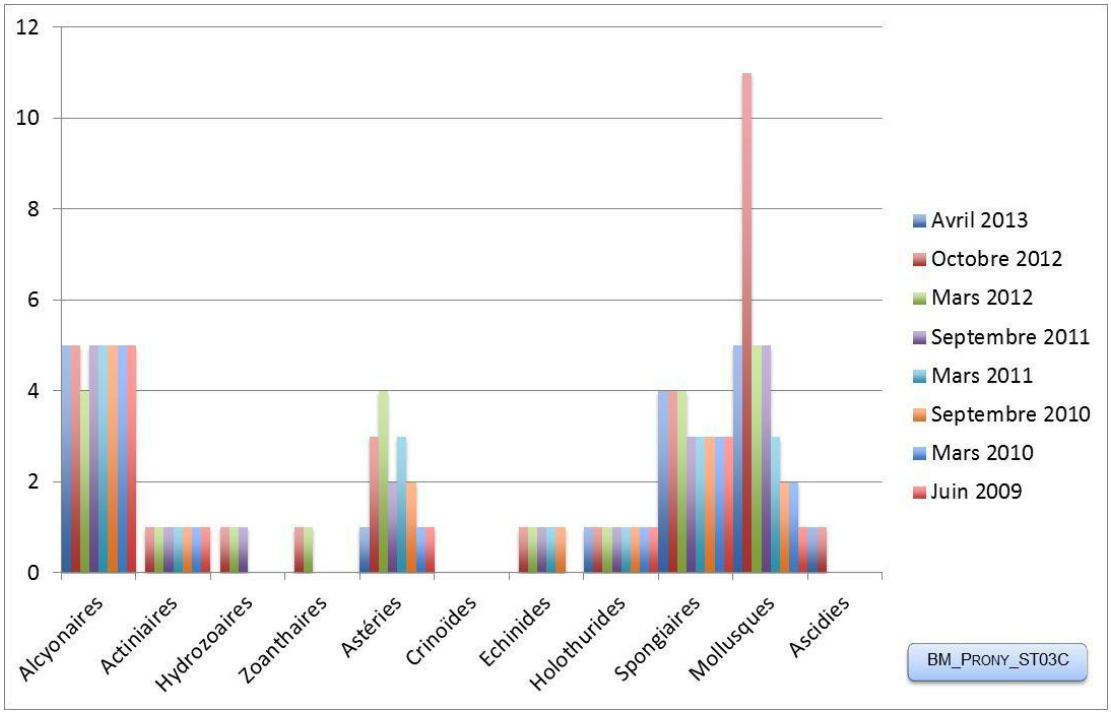


Figure n°36 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST03C)

4.3.3 Les poissons (ST03)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[6] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 63.

Tableau n°63 : Données sur les poissons (ST03)

Port ST03		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	0,06							0,33	0,00	0,02
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	1	0,01	0,01							0,33	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon plebeius*				1	0,01	0,02				0,33	0,00	0,01
Epi	*Cephalopholis boenak*				3	0,04	0,40	2	0,03	0,53	1,67	0,02	0,31
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,40							0,33	0,00	0,13
Lab	*Thalassoma lunare*	2	0,03	0,27							0,67	0,01	0,09
Nem	*Scolopsis bilineatus*	1	0,01	0,45							0,33	0,00	0,15
Pom	*Abudefduf whitleyi*				3	0,04	0,59				1,00	0,01	0,20
Pom	*Chromis analis*	3	0,04	0,05							1,00	0,01	0,02
Pom	*Chrysiptera rollandi*	10	0,13	0,02				7	0,09	0,01	5,67	0,07	0,01
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	20	0,25	0,19				8	0,10	0,19	9,33	0,12	0,12
Sig	*Siganus doliatus*				2	0,03	0,18				0,67	0,01	0,06
Sig	*Siganus vulpinus*				1	0,01	0,06				0,33	0,00	0,02
Total		**39**	**0,49**	**1,44**	**10**	**0,13**	**1,25**	**17**	**0,21**	**0,73**	**22,00**	**0,28**	**1,14**
Biodiversité		**8**			**5**			**3**			**13**		
Indice de Shannon =		2,571											
Equitabilité =		0,695											

Sur l'ensemble des transects de la station, 66 individus appartenant à 13 espèces différentes (tableau 63) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.28 poisson/m² pour une biomasse de 1.14 g/m².
62 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 64).

Tableau n°64 : Liste des espèces complémentaires (ST03)

Port ST03					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Ctenochaetus binotatus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Choerodon graphicus*	Pom	*Chromis analis*
Bal	*Pseudobalistes flavimarginatus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis margaritifer*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Halichoeres ornatissimus*	Pom	*Chromis viridis*
Car	*Caranx melampygus*	Lab	*Halichoeres trimaculatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cen	*Aeoliscus strigastus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Neopomacentrus nemurus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Let	*Lethrinus genivittatus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Let	*Lethrinus harak*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Mic	*Ptereleotris microlepsis*	Sca	*Chlorurus sordidus*

[6] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Cha	*Chaetodon plebeius*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon speculum*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sca	*Scarus frenatus*
Cha	*Heniochus varius*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus niger*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Nem	*Scolopsis lineatus*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Cromileptes altivelis*	Nem	*Scolopsis trilineatus*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Ost	*Ostracion cubicus*	Sig	*Siganus vulpinus*
Hae	*Diagramma pictum*	Pin	*Parapercis millepunctata*		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 65 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 37.

Tableau n°65 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST03)

Familles	Port ST03									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	1	2			1		2		1	**1**
Anthiniidae							1			
Blenniidae	1		1	2		1		1	1	**1**
Canthigasteridae										
Caesionidae		2		1		3	1			
Chaetodontidae	2	1	1			2	3	2	3	**1**
Epinephelinae	1	1	1	2		2	1	1	1	**1**
Gobiidae									1	
Labridae	1				1	1		1	2	**1**
Mullidae					1		1		2	
Nemipteridae	1	1	1	1	1	1		1		**1**
Pomacanthidae	2									
Pomacentridae	3	4	5	4	2	4	2	5	4	**4**
Scaridae	1	2			4	1	1	1	2	
Siganidae	1	1			1		1	2	1	**2**
Total espèces	**15**	**14**	**9**	**10**	**11**	**9**	**13**	**14**	**18**	**12**
Total familles	**10**	**8**	**5**	**5**	**7**	**9**	**9**	**8**	**10**	**8**

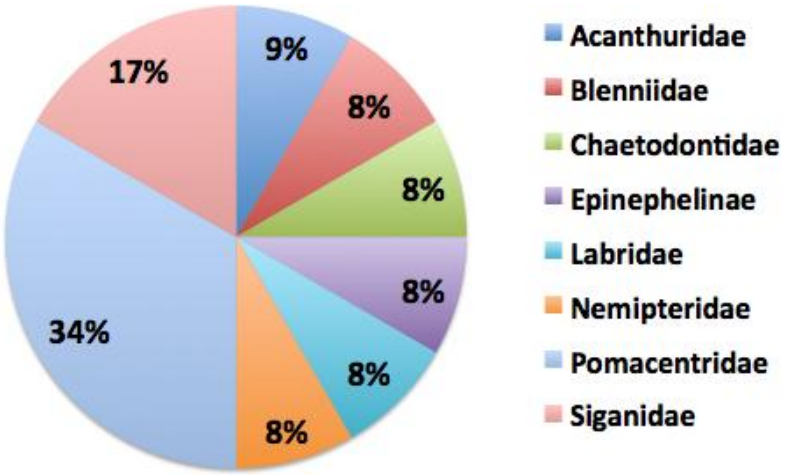


Figure n°37 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST03)

Comme à son habitude les poissons sont rares sur les transects, mais sont en revanche, tous et sans exception des juvéniles. La ligne de rivage foisonnante en coraux massifs abrite l'essentiel de la population ichthyologique

(adultes) de la station.

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 66), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°66 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2012 (ST03)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
105,51	117	146,33	8/15

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 67 et la figure 38.

L'écart relatif à la moyenne $[Er_i=(X_i-X_m)/X_m]$ pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 68 et représentation figure 39.

Tableau n°67 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

	Nb ind.	**Densité**	**Biom.**	**Biodiv.1**	**Biodiv.2**	**Biodiv.3**
Variance	280,08	0,88	47,48	7,57	134,04	124,89
Coef. de Var.	0,50	0,96	1,08	0,21	0,34	0,21

Les 3 premiers paramètres présentent des variations interannuelles importantes, notamment la biomasse et la densité (jusqu'à 200 %), les paramètres de biodiversité sont beaucoup plus stables.
A part les biodiversités 2 et 3, c'est-à-dire estimées sur une plus grande surface ou en considérant toutes les espèces, les 4 autres indicateurs sont à la baisse.

Tableau n°68 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03)

Port ST03		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	39,00	0,49	1,44			
	Transect B	10,00	0,13	1,25			
	Transect C	17,00	0,21	0,73			
	Moy. ABC	22,00	0,28	1,14	13	46	62
2012 b	Moy. ABC	32,33	0,41	1,62	18	34	55
2012 a	Moy. ABC	19,33	0,24	0,80	14	42	59
2011 b	Moy. ABC	17,67	0,22	1,50	13	46	66
2011 a	Moy. ABC	64,00	0,86	19,13	16	43	64
2010 b	Moy. ABC	31	0,31	1,26	11	43	64
2010 a	Moy. ABC	39,00	1,95	5,13	10	33	50
2009	Moy. ABC	60,66	3,03	4,55	9	16	39
2008	Moy. ABC	18,33	0,92	14,05	14	22	47
2007	Moy. ABC	32,30	1,59	14,73	15	19	34

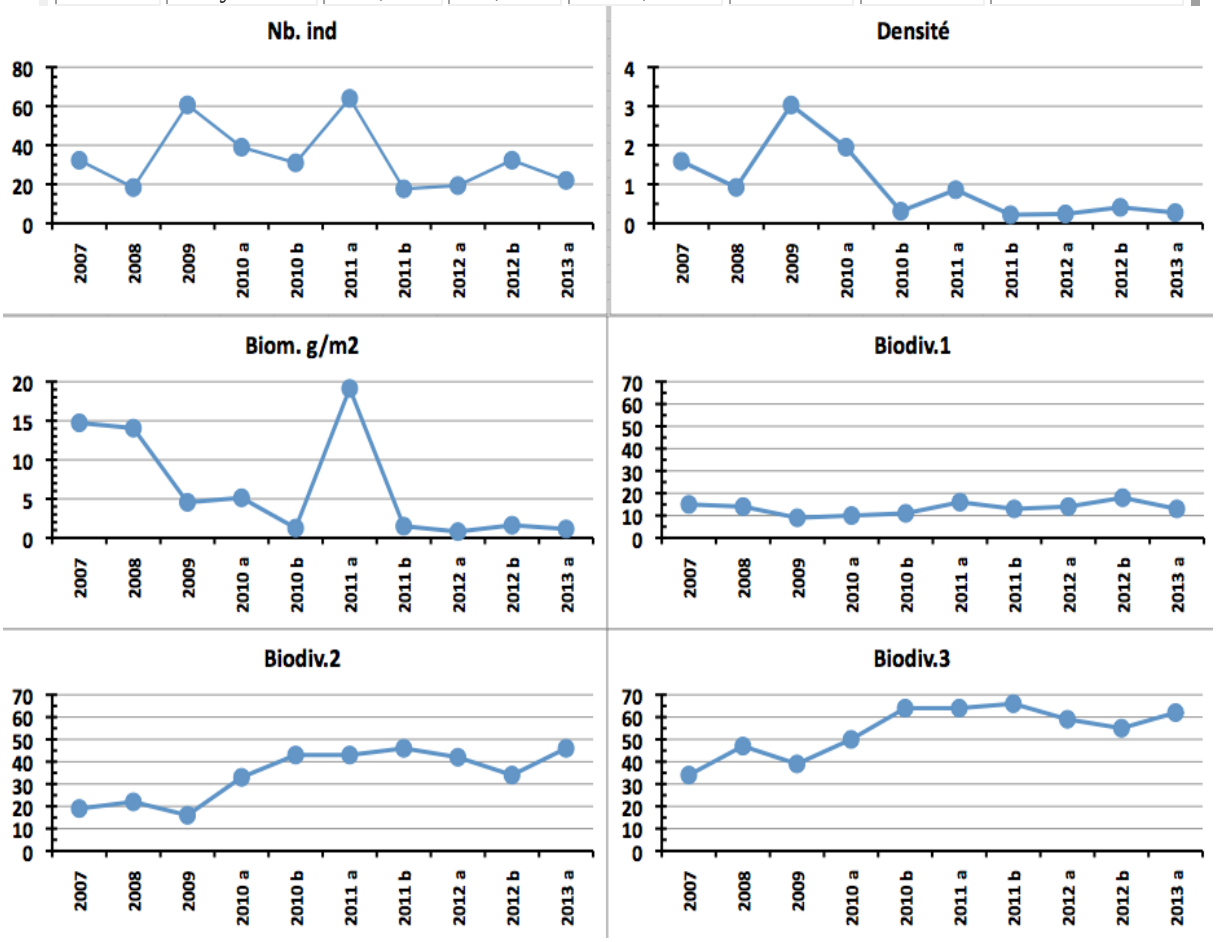


Figure n°38 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

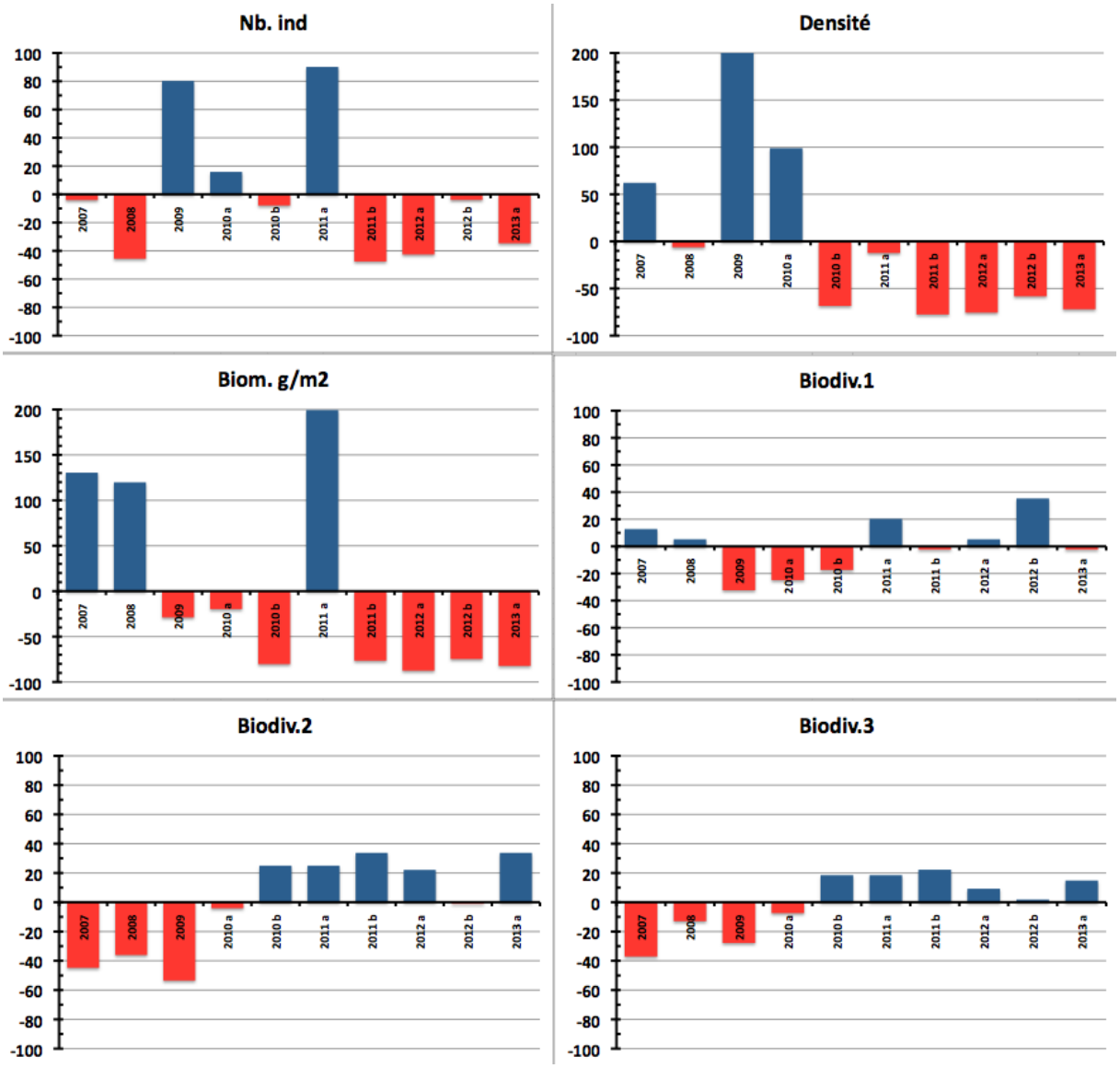


Figure n°39 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

4.4 Station 04 = Woodin

Localisation géographique	Face à un rocher blanc qui se trouve en bordure du rivage est du canal Woodin (photographie 14). Le canal Woodin proche de la baie du Prony sépare la « Grande Terre » de l'île Ouen. Ce canal est non seulement un passage privilégié pour la navigation, mais aussi pour une faune marine très importante (baleines, requins, ...). Il constitue un passage reliant les eaux du large au sud du lagon, et les courants de marées y sont permanents et souvent très forts. Les fonds sont détritiques grossiers et sont colonisés par de nombreux coraux (cependant la richesse spécifique est faible).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 4, 11 et 21 mètres de profondeur afin de décrire chaque zone, en parallèle à la pente et dans une direction du sud-est vers le nord-ouest.
	Sur le transect A la colonisation des *Millepora* et de *Seriatopora histrix* est importante. Le transect B est installé dans une zone à éboulis de roche et débris coralliens branchus. La zone a subi un effondrement de roches provenant de l'étage supérieur. Un cyclone a certainement arraché les massifs du sommet de la pente. Les conditions hydrodynamiques sont encore importantes (courant de marée) et la luminosité réduite de manière significative avec la profondeur. Le transect C est en bas de pente dans une zone sableuse où de grandes colonies de *Tubastrea micrantha* s'édifient et dominent le paysage.

Description générale

La station est installée sur le front récifal d'un récif frangeant. La pente est abrupte (40°), nivelée par trois étages de communautés coralliennes distinctes.

Cette station présente un écosystème qui est singulier en Nouvelle-Calédonie : en sommet de récif frangeant, les *Millepora* forment de grands massifs de 3 mètres de diamètre et les *Seriatopora histrix* se répartissent uniformément sur le substrat dur avec un recouvrement important. Le tombant est jalonné de blocs rocheux et de débris coralliens où s'édifient de petites colonies coralliennes ainsi que des massifs de *Millepora* et des *Tubastrea micrantha*. En bas de tombant, les colonies de *Tubastrea micrantha* sont remarquablement bien développées.

Attention : Le courant dans ce canal peut être très fort et il est impératif de se présenter à un étale pour pouvoir échantillonner cette station.

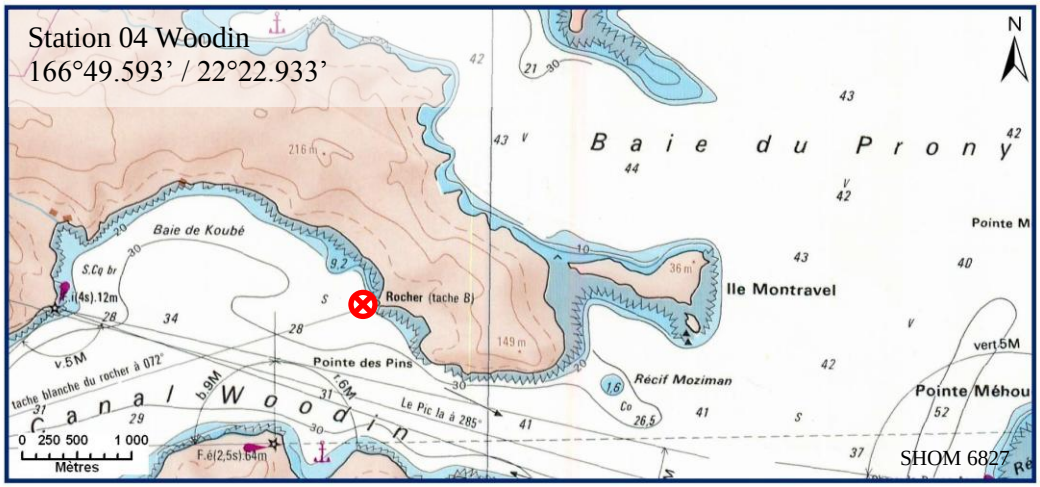
Caractéristiques principales

- Les nombreuses colonies de *Millepora, Seriatopora* et *Acropora* sont toujours en bonne santé au transect A
- Les colonies coralliennes de la famille des Pocilloporidae ont une croissance importante (*Seriatopora histrix* et *Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata)*
- Présence en grand nombre de *Millepora* et *Tubastraea micrantha* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique
- La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur
- Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) avec une turbidité soutenue
- Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important)
- Recouvrement important au transect B des éponges encroûtantes *(Cliona)*
- Les macrophytes ont une faible couverture
- Les crinoïdes sont nombreuses et installées sur les promontoires ou les colonies exposées aux courants

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- Richesse spécifique des coraux a augmenté légèrement aux transects A&B et diminue en C
- Début d'un couloir d'effondrement en A (massifs d'*Acropora* branchus et déversement de particules terrigènes)
- Mortalité et effondrement de quelques colonies de *Tubastraea micrantha* aux transects B&C

- **Le blanchissement corallien affecte 2/78 espèces de scléractiniaires** (2.6%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (0.17% de la surface totale observée)
- Blanchissement corallien absent du transect supérieur A et faible pour les niveaux médian et inférieur B&C
- **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaire, en B
- L'abondance des crinoïdes est très importante sur l'ensemble de la station et particulièrement en C
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- Absence de cyanobactérie sur l'ensemble de la station
- Les alcyonaires sont devenu rare en C (seules deux colonies ont été répertoriées (*Sinularia et Nephthea* sp.))





Carte n°6 : Localisation de la station 04 (Woodin)



Photo n°14 : Position en surface par rapport à la côte (ST04)

4.4.1 Le substrat (ST04)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 40 pour le transect A, dans la figure 41 pour le transect B et dans la figure 42 pour le transect C.

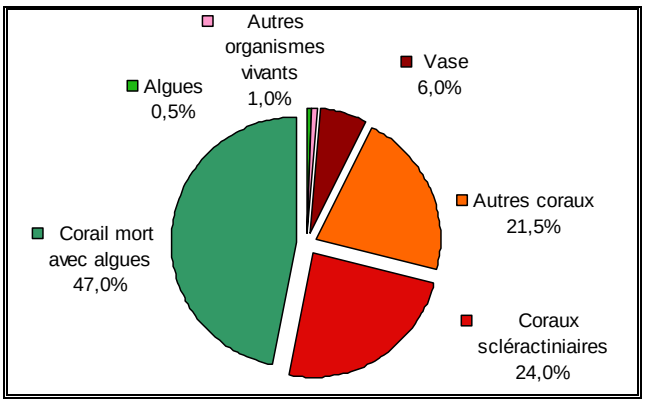


Figure n°40 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A

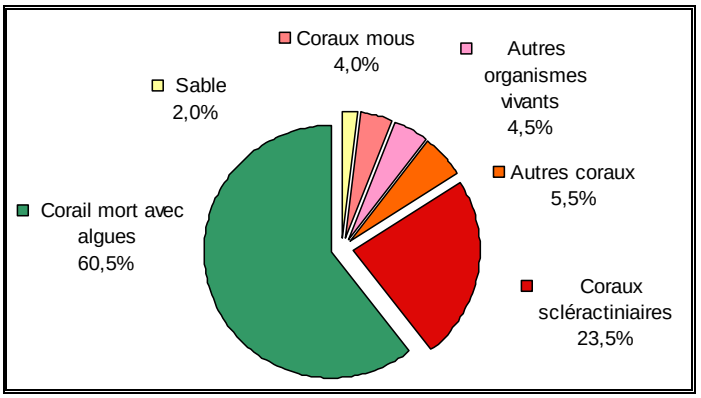


Figure n°41 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B

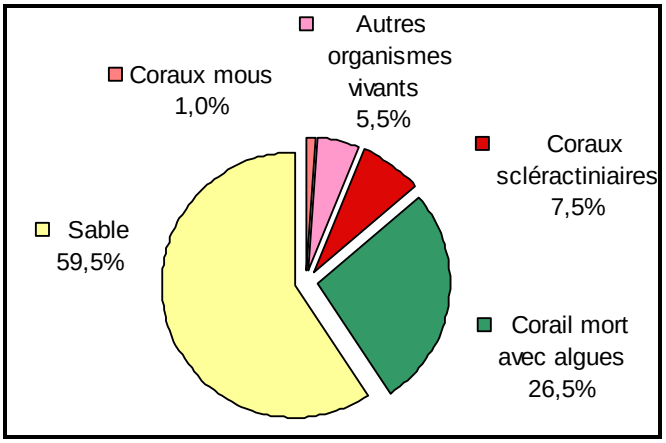


Figure n°42 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C

Les transects A et B ont un fort recouvrement biotique total (94% et 98%), dû en grande partie au « corail mort avec algues ». Les coraux scléractiniaires y sont moyennement représentés avec 24% et 23.5% -légère augmentation-).
Le transect C se différencie toujours par un sustrat majoritairement abiotique (59.5%) composé de sable et de peu de coraux (7.5%).

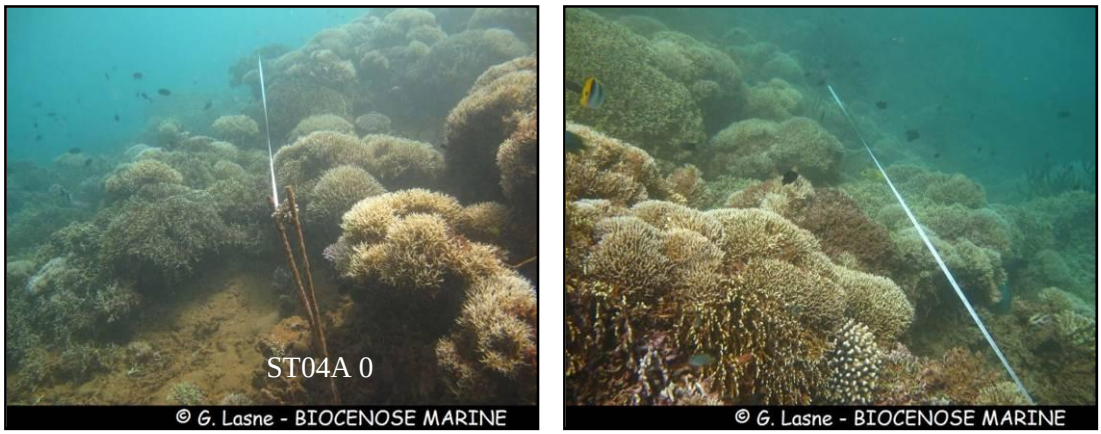
La station est globalement stable.

4.4.2 Le benthos (ST04)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Woodin (ST04) est composée de 86 espèces coralliennes, de 40 espèces d'invertébrés, de 5 espèces de macrophytes, et aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **86 espèces coralliennes** (dont 78 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires).
  Les familles scléractiniaires (78 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (22 taxons), les Acroporidae (15 taxons), les Fungiidae (8 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (5 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Merulinidae (3 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Pectiniidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Poritidae (1 taxon).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 2/78 espèces de scléractiniaires (2,6%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 0,17% de la surface totale observée.
- **40 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies.
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon).
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**



ST04A : Croissance très importante de *Seriatopora histrix* et *Millepora* branchu



La pente récifale est colonisée par de nombreuses colonies coralliennes, des *Tubastraea micrantha* et nombreux débris

Photo n°15 : Vue d'ensemble des transects (ST04)

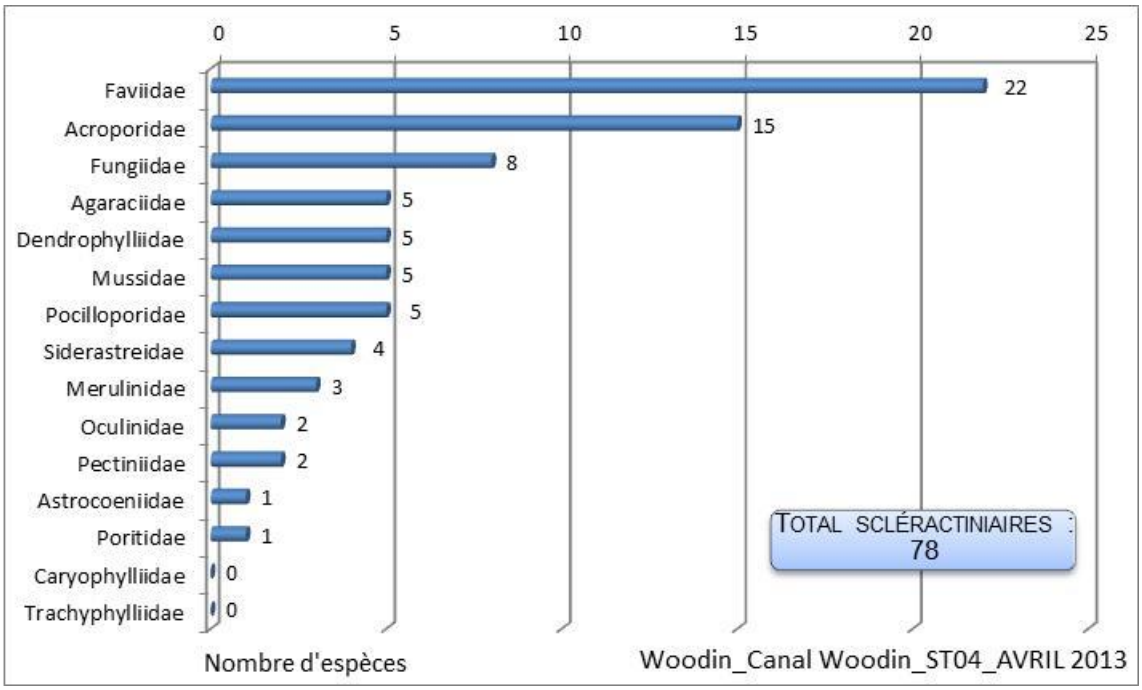


Figure n°43 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04)

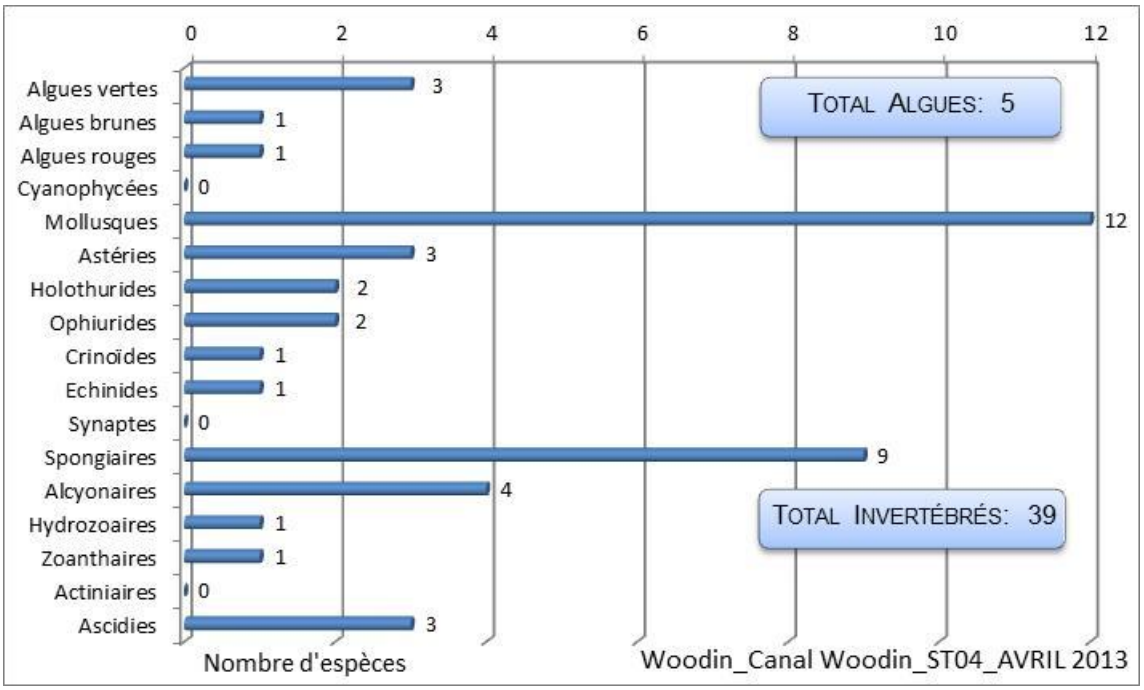


Figure n°44 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST04)

4.4.2.1 Benthos Transect 04 A

4.4.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST04A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST04A est composée de 59 espèces coralliennes dont 56 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant).

Les familles scléractiniaires (56 taxons au sein de 12 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (16 taxons), les Acroporidae (12 taxons), les Fungiidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons), les Merulinidae (3 taxons), les Mussidae (3 taxons),

les Agaraciidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Poritidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Pectiniidae, des Trachyphylliidae.

Il n'y a aucune espèce blanchie.

Tableau n°69 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST04A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
6 espèces : •*Acropora* (branchu) (5spp./+2spp.) (A5), •*Astreopora explanata* (A1), •*Montipora* spp. (2spp./+1spp.) (A2), •*Leptastrea transversa* (A1), •*Scolymia australis* (A1).	3 espèces : •*Goniastrea australiensis* (A2/+ 1), •*Fungia simplex* (A2/+ 1), •*Galaxea fascicularis* (A3/+ 1).	Aucune espèce blanchie.
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
2 espèces : •*Lobophyllia pachysepta* (A0/-1), •*Coscinaraea exesa* (A0/-1).	Aucune	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°70 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST04A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	12	8	9	8	8	7	7	7	7
Agaraciidae	2	2	2	2	3	2	2	2	1
Astrocoeniidae	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Caryophylliidae	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Dendrophylliidae	4	4	4	4	4	4	4	4	3
Faviidae	16	15	15	14	12	11	10	10	2
Fungiidae	6	6	7	5	5	3	3	3	2
Merulinidae	3	3	3	3	1	1	1	1	0
Mussidae	3	3	3	3	3	2	2	2	0
Oculinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Pocilloporidae	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Poritidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Siderastreidae	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**56**	**52**	**56**	**51**	**48**	**41**	**40**	**40**	**26**

Tableau n°71 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST04A)

Degré de liberté	ddl	91
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**22.56**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	114.268

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 71).

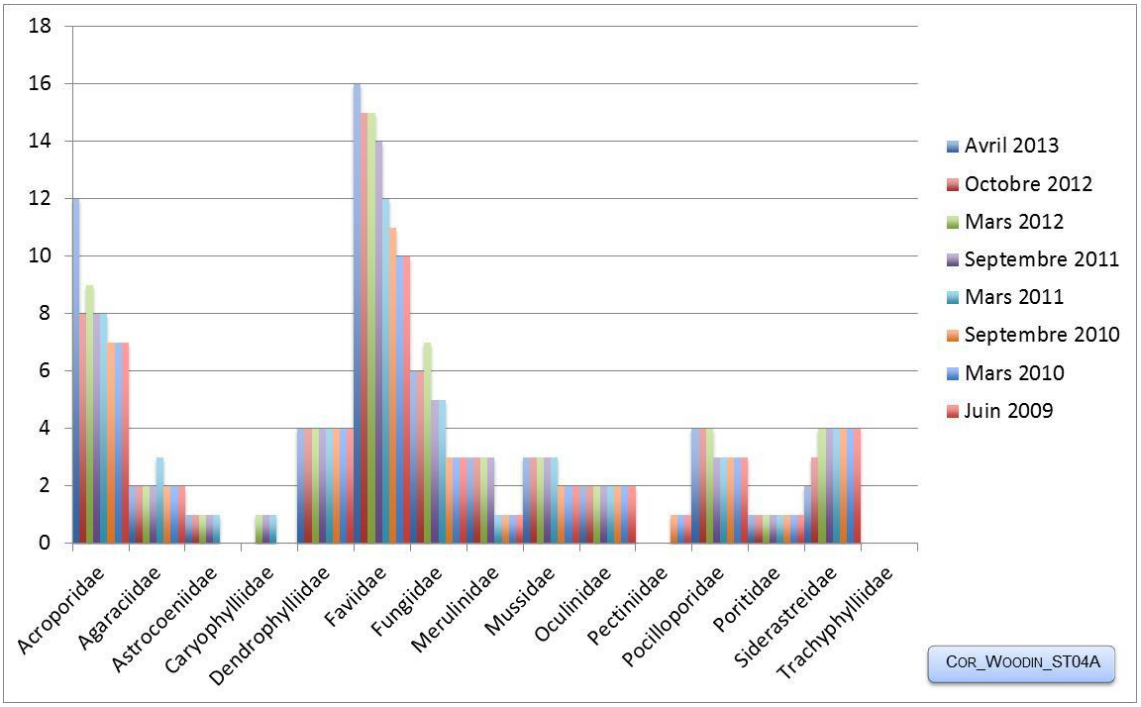


Figure n°45 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST04A)

4.4.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST04A est composée de 20 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 4 espèces d'échinodermes : astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 4 espèces d'éponges ; une espèce d'ascidies, et de 4 espèces de macrophytes : algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°72 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST04A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 4 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2) et 3 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (1spp./-2spp., A2/-1), •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue : l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2/- 1)
Cyanobactéries	
/	/
Cnidaires	
/	/
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A1)	☑
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Latirolagena smaragdula* (A0/-1) ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Cheilidonura inornata* (A0/-1)	☑
Éponges	
2 espèces d'éponges disparues : •*Stellata* sp. (A0/-1), •*Cymbastella cantharella* (A0/-1).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa nigricans* (A2)	☑

Une espèce d'ascidies disparue : •*Didemnum molle* (A0/-2).	
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°73 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST04A)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	3	3	4	4	4	6	6	6	5
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Astéries	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Crinoïdes	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Échinides	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Holothurides	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Spongiaires	4	6	6	4	4	4	3	4	3
Mollusques	5	7	5	7	3	3	3	3	3
Ascidies	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	**21**	**24**	**23**	**25**	**17**	**19**	**18**	**19**	**16**

Tableau n°74 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST04A)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**27.47**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 74).

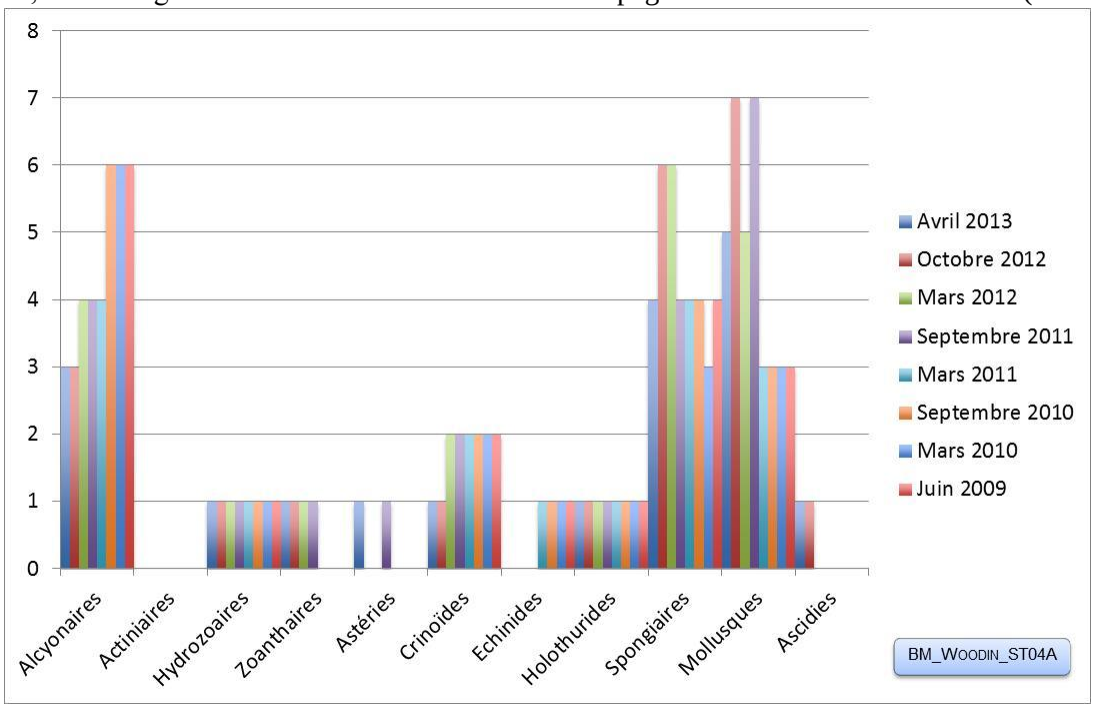


Figure n°46 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST04A)

4.4.2.2 Benthos Transect 04 B

4.4.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST04B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST04B est composée de 69 espèces coralliennes dont 61 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires.

Les familles scléractiniaires (61 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (16 taxons), les Acroporidae (9 taxons), les Fungiidae (7 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (5 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Pectiniidae (2 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Merulinidae (1 taxon), les Poritidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 1/61 espèces de scléractiniaires (1,6%).
Le blanchissement visuel est de 0,2% de la surface du couloir.

Tableau n°75 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST04B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
4 espèces : •*Leptoseris hawaiiensis* (A1), •*Turbinaria heronensis* (A1), •*Lobophyllia corymbosa* (A1), •*Scolymia australis* (A2).	3 espèces : •*Acropora* (tabulaire) (A5/+ 1), •*Montastrea curta* (A2/+ 1), •*Cycloseris* sp. (A2/+ 1).	Une seule espèce blanchie (1,6%) : ➢ Une seule espèce précédemment blanchie •*Acropora* (branchu) (1spp.B*, B1, ∞) ➢ Aucune espèce nouvellement blanchie
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
3 espèces : •*Melithaea ochracea* (A0/-1), •*Herpolitha limax* (A0/-1), •*Merulina scabricula* (A0/-1).	10 espèces : •*Millepora* (branchu) (A3/- 1), •*Millepora* (submassif) (A2/- 1), •*Acropora* (branchu) (2spp., A2/- 1), •*Astreopora gracilis* (A1/- 1), •*Astreopora* sp. (A1/- 1), •*Montipora tuberculosa* (A1/- 1), •*Tubastraea micrantha* (A2/- 1), •*Fungia echinata* (A1/- 1), •*Galaxea astreata* (A1/- 1).	➢ une seule espèce a réintégré toutes ses zooxanthelles : •*Mycedium elephantotus* (B- 1, øß) ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement se réduire.

Tableau n°76 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST04B)

Degré de liberté	ddl	91
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**18.50**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	114.268

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 76).

Tableau n°77 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST04B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	9	9	8	7	6	6	5	4	4
Agaraciidae	5	4	2	2	2	2	2	1	1
Astrocoeniidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caryophylliidae	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Dendrophylliidae	5	4	4	4	4	4	4	4	3
Faviidae	16	16	14	12	10	10	8	8	4
Fungiidae	7	8	3	3	3	3	3	3	2
Merulinidae	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Mussidae	5	3	4	4	4	3	3	2	2
Oculinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Pectiniidae	2	2	3	2	1	1	1	1	1
Pocilloporidae	5	5	5	4	4	3	3	3	3
Poritidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Siderastreidae	2	2	2	2	2	2	1	0	0
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**61**	**59**	**52**	**47**	**43**	**40**	**36**	**32**	**24**

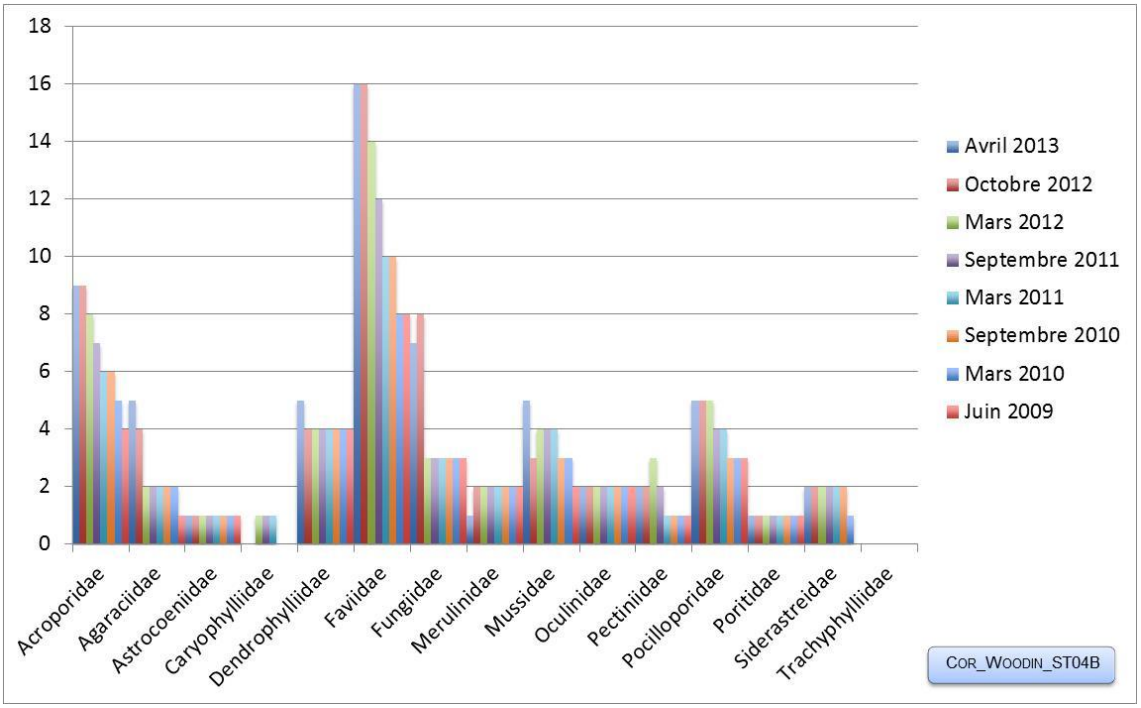


Figure n°47 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST04B)

4.4.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST04B est composée de 36 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies ; et de 4 espèces de macrophytes : algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

La richesse spécifique des mollusques est très variable entre les missions.

Tableau n°78 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST04B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
1 nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Lobophora variegata* (A2) / 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2) et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A0/-2) ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2)	☑
Échinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 sp) :•*Gomophia egyptiaca* (A1), •*Nardoa gomophia* (A1) ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Fromia monilis* (A0/-1) ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Echinostrephus aciculatus* (A0/-2)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A3/+ 1).
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (3 espèces) : •*Coralliophila violacea* (A2), •*Pteristernia reincarnata* (A1), •*Vasum turbinellus* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves :•*Pteria* sp. (A0/-2).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Latirolagena smaragdula* (A2/+ 1).
Éponges	
☑	2 sp d'éponges diminuent d'abondance : •*Cymbastella cantharella* (A2/- 1), •*Cliona orientalis* (A3/- 1).
Ascidies	
1 nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1)	☑
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°79 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST04B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	4	5	4	5	4	5	5	5	5
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	2	0	1	1	1	1	1	1
Astéries	3	2	1	1	1	1	0	0	2
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Holothurides	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Spongiaires	9	9	7	7	6	6	6	7	7
Mollusques	9	6	11	8	5	5	5	5	4
Ascidies	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**39**	**36**	**30**	**27**	**21**	**22**	**21**	**22**	**23**

Tableau n°80 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST04B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**26.31**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 80).

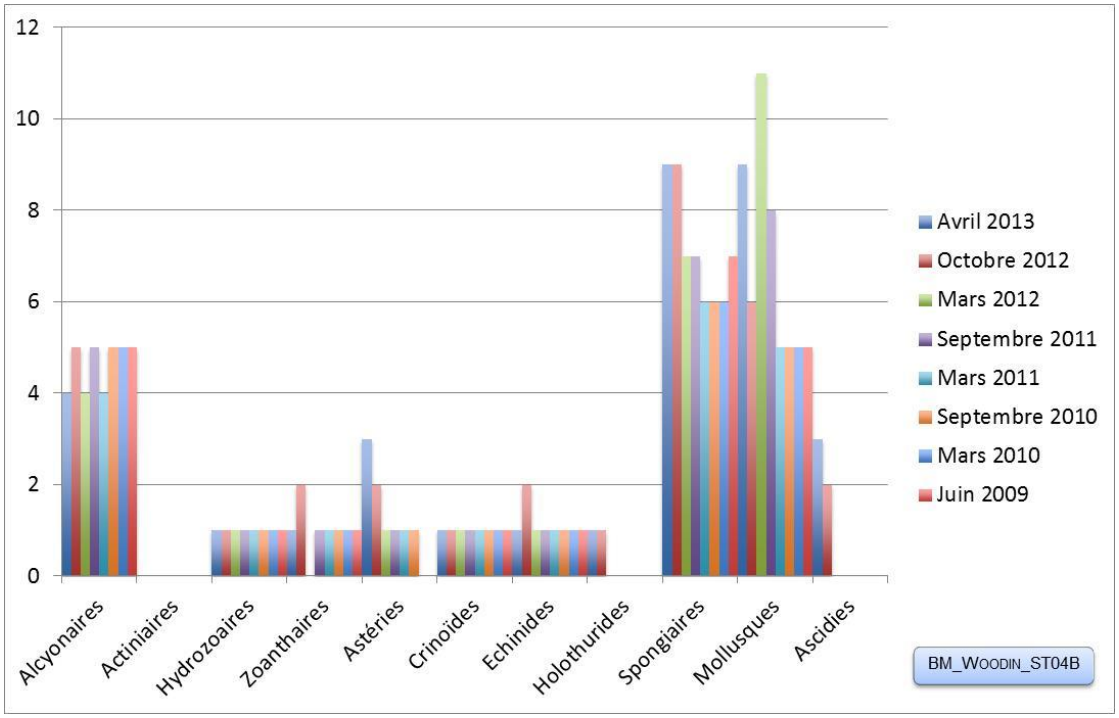


Figure n°48 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST04B)

4.4.2.3 Benthos Transect 04 C

4.4.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST04C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST04C est composée de 18 espèces coralliennes dont 17 espèces de scléractiniaires et une espèce d'antipathaire.

Les familles scléractiniaires (17 taxons au sein de 7 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (6 taxons), les Acroporidae (3 taxons), les Dendrophylliidae (2 taxons), les Mussidae (2 taxons), les Pectiniidae (2 taxons), les Fungiidae (1 taxon), les Merulinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Agaraciidae, des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Oculinidae, des Pocilloporidae, des Poritidae, des Siderastreidae, des Trachyphylliidae et des Millépores.

Le blanchissement corallien affecte 1/17 espèces de scléractiniaires (5,9%).
Le blanchissement visuel est de 0,3% de la surface du couloir.

Tableau n°81 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST04C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
3 espèces : •*Fungia* spp. (A2), •*Merulina ampliata* (A1), •*Lobophyllia corymbosa* (A1).	Aucune	Une seule espèce blanchie (5,9%) : ➢ Une seule espèce précédemment blanchie •*Tubastraea micrantha* (B2, ∞) ➢ Aucune espèce nouvellement blanchie.
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
9 espèces : •*Cirripathes* sp. (A0/-1), •Gorgone ind.sp. (A0/-1), •*Acropora* (branchu) (A0/-2), •*Astreopora listeri* (A0/-1), •*Favites* spp. (1spp./-1spp.A1/-1), •*Platygyra pini* (A0/-1), •*Polyphyllia novaehiberniae* (A0/-2), •*Polyphyllia talpina* (A0/-1), •*Galaxea fascicularis* (A0/-1).	5 espèces : •*Acropora* (tabulaire) (A1/- 1), •*Tubastraea micrantha* (A3/- 1), •*Favia* spp. (A1/- 1), •*Favites* spp. (A1/- 1), •*Mycedium elephantotus* (A1/- 1)	➢ une seule espèce a réintégré toutes ses zooxanthelles : •*Mycedium elephantotus* (B- 1, øß) ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ni se réduire.

Tableau n°82 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST04C)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	3	5	2	3	3	3	3	3	3
Agaraciidae	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	2	2	2	3	2	2	1	1	1
Faviidae	6	8	8	6	5	5	5	5	3
Fungiidae	1	2	0	1	1	1	1	1	0
Merulinidae	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Mussidae	2	1	1	1	1	1	0	0	0
Oculinidae	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Pectiniidae	2	2	1	0	1	1	1	1	1
Pocilloporidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poritidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Siderastreidae	-	0	0	0	0	0	0	0	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**17**	**21**	**17**	**17**	**14**	**14**	**12**	**12**	**10**

Tableau n°83 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST04C)

Degré de liberté	ddl	63
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**19.71**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 83).

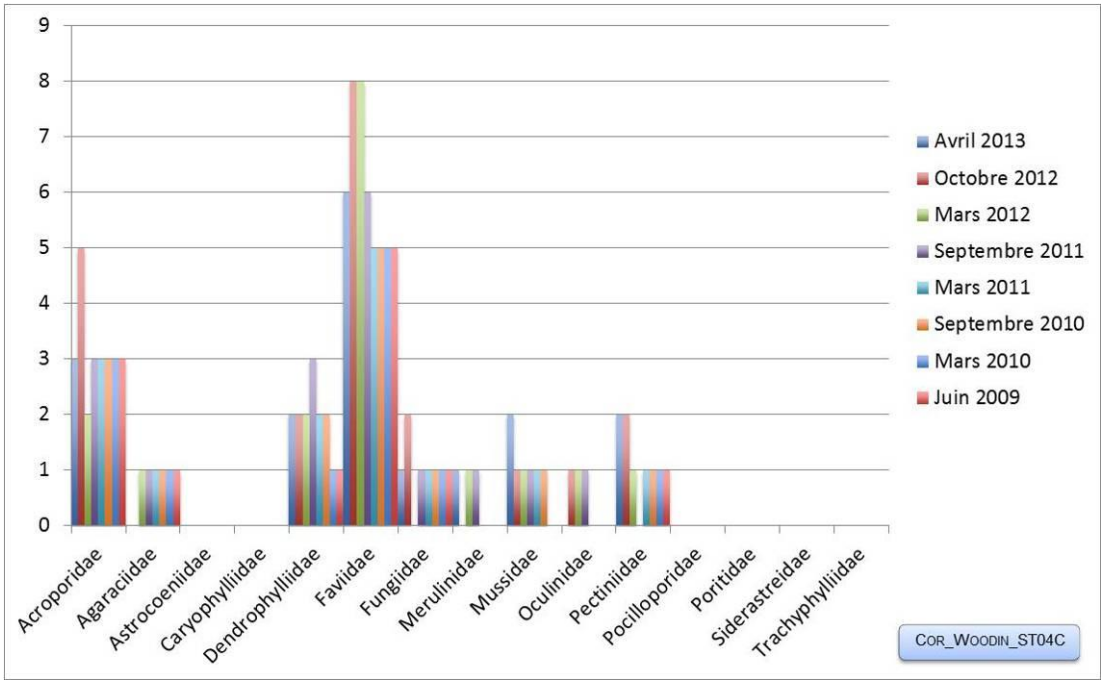


Figure n°49 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST04C)

4.4.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST04C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST04C est composée de 19 espèces d'invertébrés dont 3 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 2 espèces d'échinodermes : crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; une espèce d'ascidies, et d'une espèce d'algues rouge. Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°84 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST04C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A1)	1 espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires : •sp ind. (A2/-1)
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Thelenota anax* (A1). 5 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-4 sp) : •*Fromia monilis* (A0/-1), •*Fromia* sp. (A0/-2), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-2) ➢ pour les holothurides (-1 espèce) :•*Holothuria edulis* (A0/-1)	☑
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidia varicosa* (A1). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A0/-1), •*Hyotissa* sp. (A0/-1).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dactylia delicata* (A1).	2 sp d'éponges diminuent d'abondance : •*Hamigera strongylata* (A2/-1), • *Cymbastella cantharella* (A1/- 1)
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa nigricans* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	Une espèce de bryozoaires diminue d'abondance : •*Alcyonidium* sp. (A3/- 2)

Tableau n°85 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST04C)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	2	1	2	3	3	3	3	3	3
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Astéries	0	4	2	3	3	2	0	0	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Holothurides	1	1	1	1	2	1	1	1	0
Spongiaires	8	7	9	9	9	9	9	8	6
Mollusques	3	4	5	5	3	2	2	2	0
Ascidies	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**19**	**21**	**25**	**27**	**25**	**22**	**20**	**19**	**14**

Tableau n°86 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST04C)

Degré de liberté	ddl	56
Somme de tout	Khi² obs.	**27.89**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	74.468

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 86).

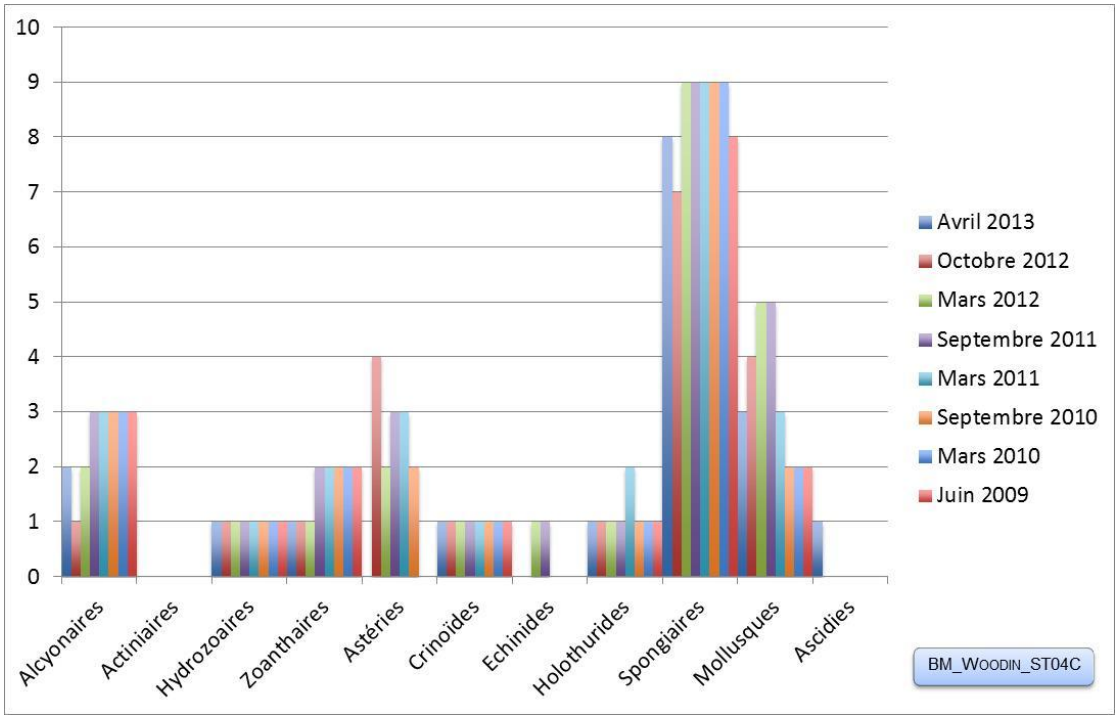


Figure n°50 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST04C)

4.4.3 Les poissons (ST04)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[7] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 87.

Tableau n°87 : Données sur les poissons (ST04)

Canal Woodin ST04		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*							4	0,05	15,63	1,33	0,02	5,21
Aca	*Ctenochaetus striatus*	7	0,09	3,02	3	0,04	1,30				3,33	0,04	1,44
Aca	*Zebrasoma scopas*	5	0,06	1,25	8	0,08	4,42				4,33	0,05	1,89
Cae	*Caesio cuning*							30	0,21	21,06	10,00	0,07	7,02
Cae	*Caesio pisang*							50	0,28	26,67	16,67	0,09	8,89
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,03	0,26	2	0,03	0,76				1,33	0,02	0,34
Cha	*Chaetodon bennetti*							2	0,03	1,81	0,67	0,01	0,60
Cha	*Chaetodon flavirostris*				2	0,03	2,89				0,67	0,01	0,96
Cha	*Chaetodon lunulatus*	8	0,10	0,78							2,67	0,03	0,26
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	0,04	0,04							1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon ulietensis*				1	0,01	0,22				0,33	0,00	0,07
Cha	*Chaetodon vagabundus*				3	0,04	2,07				1,00	0,01	0,69
Cha	*Coradion altivelis*							2	0,03	1,69	0,67	0,01	0,56
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*							2	0,03	5,86	0,67	0,01	1,95
Epi	*Epinephelus merra*	2	0,03	1,69	2	0,02	1,35				1,33	0,02	1,01
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,55				2	0,03	2,46	1,00	0,01	1,00
Lab	*Choerodon graphicus*				1	0,01	10,67				0,33	0,00	3,56
Lab	*Coris aygula*	2	0,03	9,14							0,67	0,01	3,05
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,04	0,88							1,00	0,01	0,29
Lab	*Hemigymnus melapterus*	2	0,03	4,00				1	0,01	2,00	1,00	0,01	2,00
Lab	*Labroides dimidiatus*	3	0,04	0,11							1,00	0,01	0,04
Lab	*Thalassoma lunare*				8	0,10	2,00				2,67	0,03	0,67
Mul	*Parupeneus barberinoides*				2	0,02	1,35				0,67	0,01	0,45
Mul	*Parupeneus ciliatus*				4	0,04	11,92				1,33	0,01	3,97
Nem	*Scolopsis bilineatus*	10	0,13	9,87	5	0,06	2,40				5,00	0,06	4,09
Poc	*Centropyge bicolor*				4	0,05	0,62	4	0,05	0,51	2,67	0,03	0,38
Poc	*Centropyge bispinosa*				3	0,04	0,33				1,00	0,01	0,11
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,04	0,12	4	0,05	0,46				2,33	0,03	0,19
Poc	*Chaetodontoplus conspicillatus*							3	0,04	7,99	1,00	0,01	2,66
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*				1	0,01	11,57				0,33	0,00	3,86
Poc	*Pomacanthus sexstriatus*							1	0,01	5,42	0,33	0,00	1,81
Poc	*Pygoplites diacanthus*				2	0,03	1,30				0,67	0,01	0,43
Pom	*Abudefduf septemfasciatus*	10	0,10	3,36							3,33	0,03	1,12
Pom	*Abudefduf whitleyi*	60	0,75	5,88	8	0,10	1,53				22,67	0,28	2,47
Pom	*Chromis fumea*	20	0,25	0,63							6,67	0,08	0,21
Pom	*Chrysiptera rollandi*				10	0,13	0,16				3,33	0,04	0,05
Pom	*Chrysiptera taupou*	30	0,38	0,48	17	0,21	0,27	7	0,09	0,11	18,00	0,23	0,29
Pom	*Dascyllus reticulatus*	100	1,25	1,60				30	0,38	0,48	43,33	0,54	0,69
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				15	0,19	0,49	25	0,31	0,39	13,33	0,17	0,29
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	100	1,25	1,60	15	0,19	0,18				38,33	0,48	0,59
Pom	*Stegastes lividus*	30	0,25	19,74							10,00	0,08	6,58
Pse	*Pictichromis coralensis*							3	0,04	0,10	1,00	0,01	0,03
Sca	*Chlorurus sordidus*				6	0,06	4,05				2,00	0,02	1,35
Sca	*Scarus flavipectoralis*	6	0,06	7,00	2	0,02	2,33				2,67	0,03	3,11
Sca	*Scarus niger*	1	0,01	8,58	2	0,02	10,80				1,00	0,01	6,46
Sig	*Siganus corallinus*	2	0,02	6,25							0,67	0,01	2,08

[7] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Sig	*Siganus puellus*	5	0,05	8,00							1,67	0,02	2,67
Total		**415**	**5,00**	**94,81**	**130**	**1,55**	**75,44**	**166**	**1,56**	**92,17**	**237,00**	**2,71**	**87,47**
Biodiversité		**24**			**25**			**15**			**47**		
Indice de Shannon =		4,206											
Equitabilité =		0,757											

Sur l'ensemble des transects de la station, 711 individus appartenant à 47 espèces différentes (tableau 87) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.71poissons/m² pour une biomasse de 87.47 g/m².
110 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 88).

Tableau n°88 : Liste des espèces complémentaires (ST04)

Canal Woodin ST04					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Gra	*Diploprion bifasciatum*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*
Aca	*Naso brevirostris*	Kyp	*Kyphosus cinerascens*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Naso lopezi*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Chromis amboinensis*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Bodianus axillaris*	Pom	*Chromis analis*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis chrysura*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Chromis fumea*
Bal	*Pseudobalistes flavimarginatus*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chromis leucura*
Cae	*Caesio caerulaurea*	Lab	*Choerodon graphicus*	Pom	*Chromis margaritifer*
Cae	*Caesio cuning*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Chromis nitida*
Cae	*Caesio pisang*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis retrofasciata*
Car	*Caranx melampygus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Carc	*Carcharhinus amblyrhynchos*	Lab	*Halichoeres marginatus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Carc	*Triaenodon obesus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus lepidogenys*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus spilotoceps*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Let	*Lethrinus nebulosus*	Pom	*Stegastes lividus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Let	*Monotaxis heterodon*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	Pse	*Pictichromis coralensis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Lut	*Lutjanus russelli*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Scarus frenatus*
Cha	*Coradion altivelis*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Myl	*Aetobatus narinari*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Heniochus monoceros*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus corallinus*
Epi	*Cephalopholis miniata*	Poc	*Centropyge tibicen*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Cephalopholis ongus*	Poc	*Chaetodontoplus conspicillatus*	Sig	*Siganus punctatus*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus howlandi*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Epinephelus merra*	Poc	*Pygoplites diacanthus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Abudefduf septemfasciatus*		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 89 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 51.

Tableau n°89 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST04)

Familles	Canal Woodin ST04									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	2	3	3	6	2	5	5	5	4	**3**
Anthiinidae		1								
Blenniidae	1		1	2	2	2	1	2	2	
Caesionidae	1	1	2	1		1	2	1	1	**2**
Canthigasteridae				1				1	1	
Carangidae	1	2	1	1		2	1		1	
Chaetodontidae	6	5	2	12	3	10	6	9	7	**8**
Epinephelinae	4	4	1	6	2	5	4	4	4	**2**
Haemulidae	1				1					
Labridae	4	4	4	6	3	8	4	6	7	**7**
Lethrinidae		1		1	1	4		1		
Lutjanidae	2	4		1		2			1	
Mullidae	1		1	1		2	1	2	1	**2**
Nemipteridae	1	1	1	1		1	1	1	1	**1**
Pomacanthidae	5	2	5	4	4	3	2	3	4	**7**
Pomacentridae	4	3	7	6	4	7	7	8	6	**9**
Pseudochromidae										**1**
Scaridae	3	6	5	3	3	4	6	5	5	**3**
Scombridae									1	
Siganidae	1	2	2	2		7	2	3	1	**2**
Total espèces	**37**	**39**	**35**	**54**	**25**	**64**	**42**	**51**	**47**	**47**
Total familles	**15**	**14**	**13**	**16**	**10**	**16**	**13**	**14**	**16**	**12**

La liste des familles est augmentée des Pseudochromidae (*Pictichromis coralensis*).

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 90), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°90 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2013 (ST04)

Test$\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
127,03	171	210,89	12/20

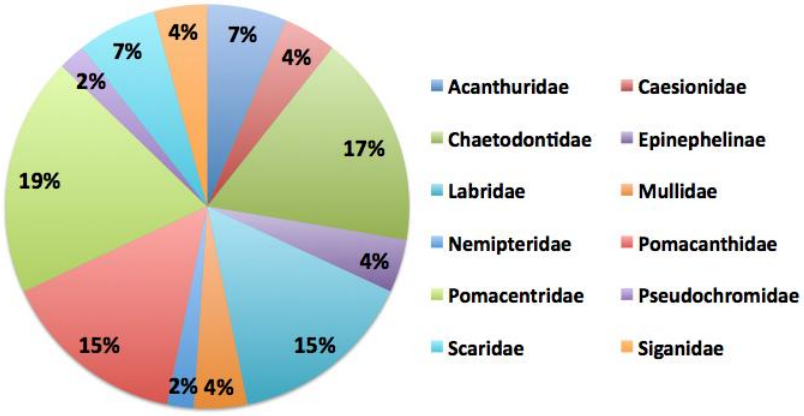


Figure n°51 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST04)

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 91 et la figure 52.

Tableau n°91 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04)

Canal Woodin ST04		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
	Transect A	415,00	5,00	94,81			
	Transect B	130,00	1,55	75,44			
	Transect C	166,00	1,56	92,17			
	Moy. ABC	237,00	2,71	87,47	47	80	110
2012 b	Moy. ABC	99,00	1,09	105,52	48	64	90
2012 a	Moy. ABC	Moy. ABC	249,33	2,58	446,85	51	83
2011 b	Moy. ABC	95,33	0,95	65,36	42	68	88
2011 a	Moy. ABC	169,00	2,11	730,66	64	89	111
2010 b	Moy. ABC	81	0,84	38,60	25	70	92
2010 a	Moy. ABC	107,00	3,38	460,91	54	79	110
2009	Moy. ABC	45,00	4,07	456,26	35	55	81
2008	Moy. ABC	52,00	2,71	267,80	39	49	89
2007	Moy. ABC	95,00	5,45	408,31	37	40	54

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 92 et représentation figure 53.

Les poissons demoiselles font l'essentiel des effectifs. Quant à l'essentiel de la biomasse, elle se situe en dehors

des transects. Ainsi, cette station présente une densité moyenne, une biomasse faible et une biodiversité un peu plus forte que la moyenne des observations sur cette station depuis le début du suivi.

Tableau n°92 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	5 149,19	2,14	52891,90	117,34	251,57	315,79
Coef. de Var.	0,58	0,57	0,75	0,24	0,23	0,19

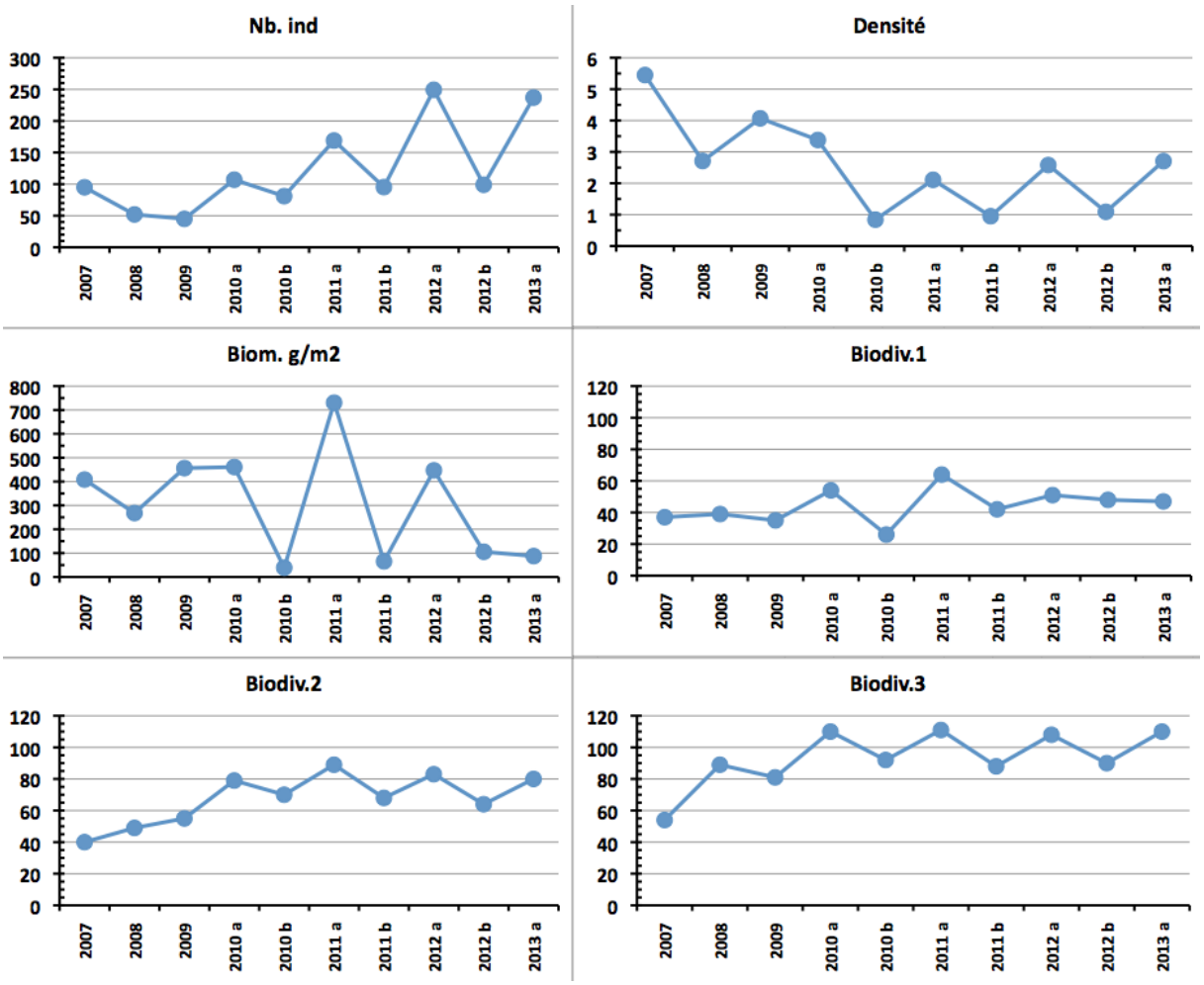


Figure n°52 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

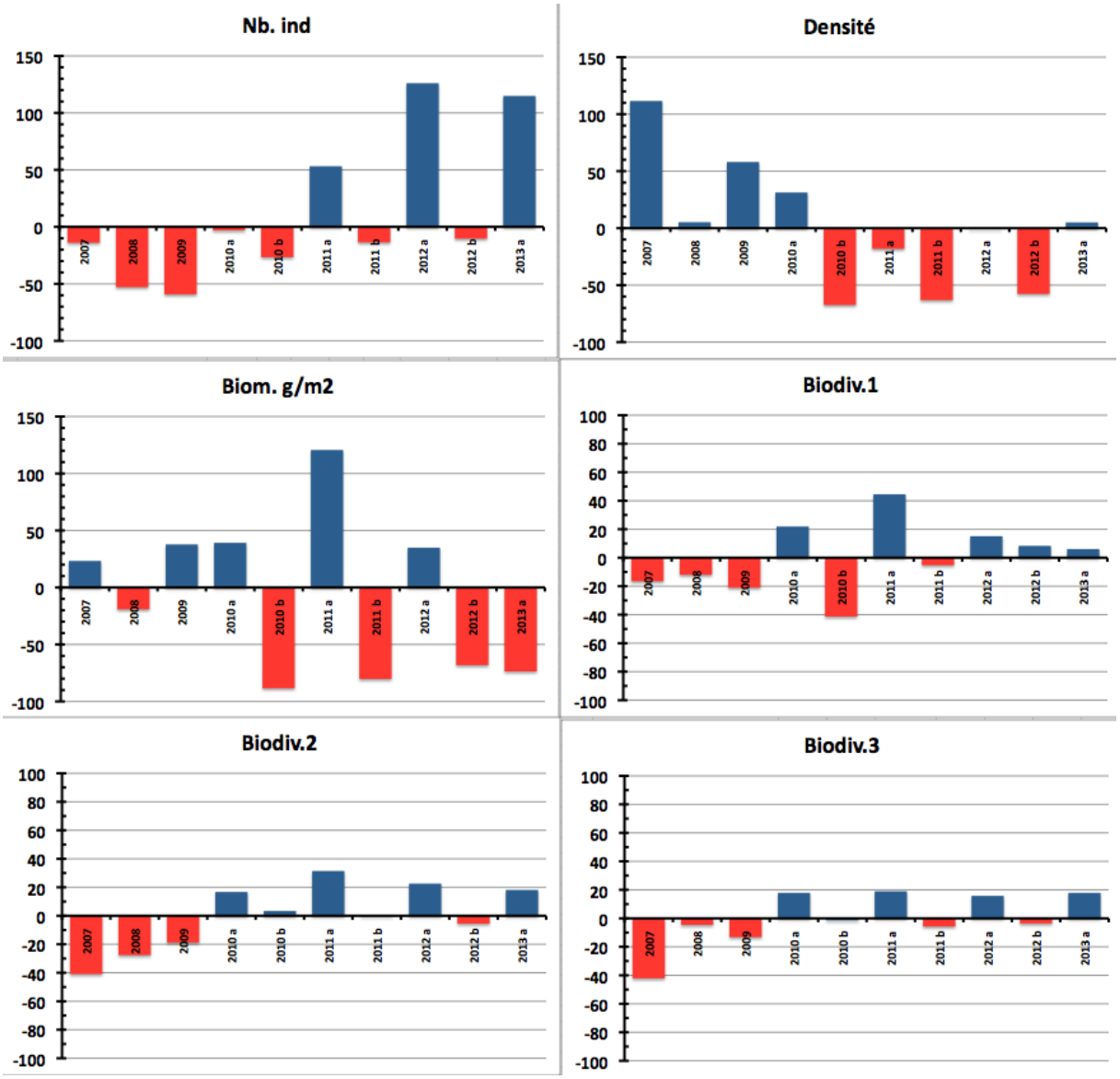


Figure n°53 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

4.5 Station 05 = Récif Ioro

Localisation géographique	Façade nord-ouest du récif de Ioro, sous le vent, à environ 200 mètres dans le sud-ouest du feu signal de Ioro (photographie 16). Ce récif est ennoyé et soumis aux courants de marée et subit sur sa façade sud-est l'assaut des vagues dues aux alizés et à son exposition au large, alors que sa façade ouest est plus protégée.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés perpendiculairement à la pente à 5, 10 et 20 mètres de profondeur et sont orientés du sud-ouest vers le nord-est.
	Le transect A est installé sur la zone sommitale du récif qui est constituée par du sable fin sur lequel sont disposés de nombreux débris, des grandes colonies massives de Porites et des massifs coralliens épars. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines. Des petites colonies coralliennes s'édifient et les *Cliona* encroûtent quelques coraux massifs. Le transect B se caractérise par un recouvrement important de débris et de blocs coralliens sur du sable coquillé. Les massifs coralliens sont épars, encore en place mais peu colonisés. Le transect C se situe en bas de pente sédimentaire (substrat sableux).

Description générale

La façade nord-ouest du récif est composée par une pente sédimentaire détritique (sable, débris et roche) inclinée à environ 35°.

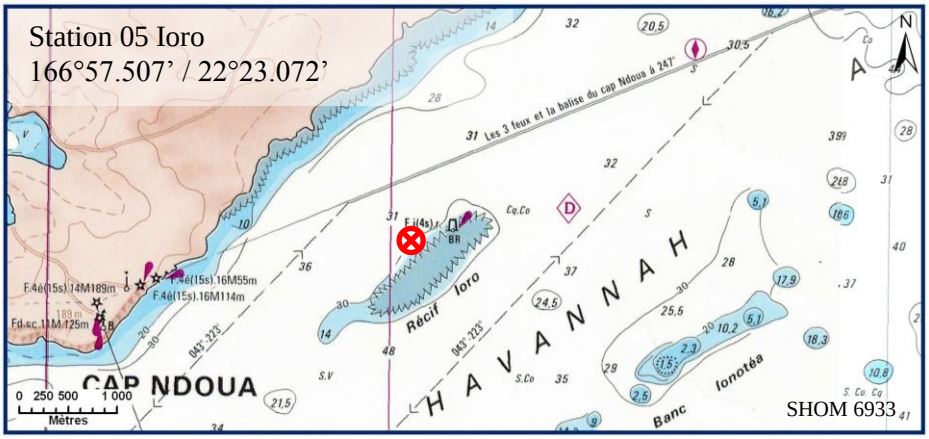
Des massifs coralliens de forme massive se développent particulièrement en surface jusqu'à mi-pente, laissant la place au fur et à mesure de la profondeur aux coraux branchus *Tubastrea micrantha* qui affectionnent les zones de courants.

Caractéristiques principales

- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée)
- Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastraea micrantha* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora* et *Turbinaria reniformis*
- Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris
- Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens
- Présence selon les saisons d'*Acanthaster planci* (absence lors de cette mission)

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- Richesse spécifique des coraux a augmenté légèrement au transect A et reste équivalente pour les autres transects (recrutement corallien)
- **Le blanchissement corallien affecte 2/99 espèces de scléractiniaires** (2%) et le recouvrement en espèces blanchies est faible (0.067% de la surface totale observée)
- Les alcyonaires sont dégradés, absents aux transects A&B et en diminution au C
- Absence de cyanobactérie sur l'ensemble de la station
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- Les macrophytes ont un recouvrement faible
- les spongiaires sont relativement bien développées (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) et colonisent les substrats durs comme les coraux vivants





Carte n°7 : Localisation de la station 05 (Ioro)



Photo n°16 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05)

4.5.1 Le substrat (ST05)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 54 pour le transect A, dans la figure 55 pour le transect B et dans la figure 56 pour le transect C.

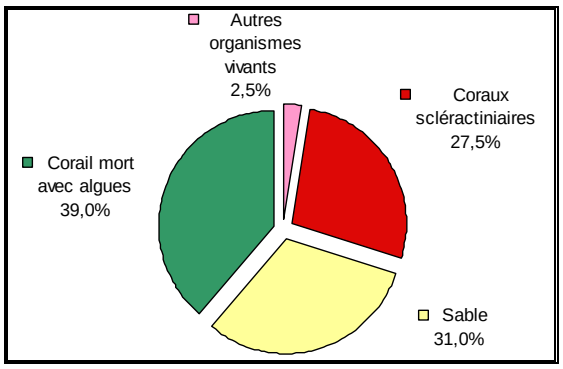


Figure n°54 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A

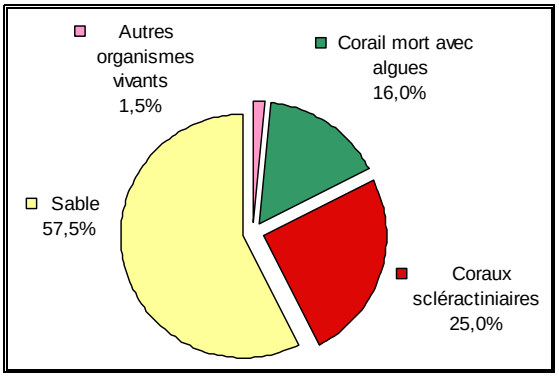


Figure n°55 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B

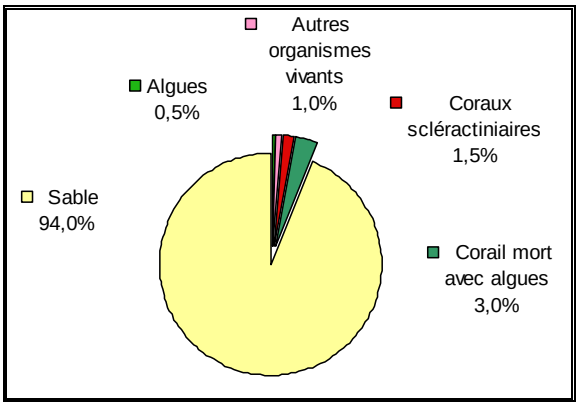


Figure n°56 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C

Le substrat est majoritairement abiotique à cette station, avec une proportion de sable qui augmente avec la profondeur (31%, 57.5% puis 94%).
Les coraux scléractiniaires ne sont correctement représentés que sur les deux premiers transects (respectivement 27.5% et 25%, contre que 1.5% au transect C). Il faut d'ailleurs noter une baisse de leur recouvrement (-10.5% au transect A et -5.5% au transect B) qui renvait au xvaleurs de mars 2012.

Le transect C est remarquable par sa quasi absence de vie : il est positionné au-dessus du sable, et croise seulement un massif corallien mort (avec tuff algal) sur sa fin. Même si à cet étage le susbtrat est peu colonisé, ce transect n'est cependant pas représentatif de cette zone, où on peut observer notamment de très beaux *Tubastrea micrantha*.

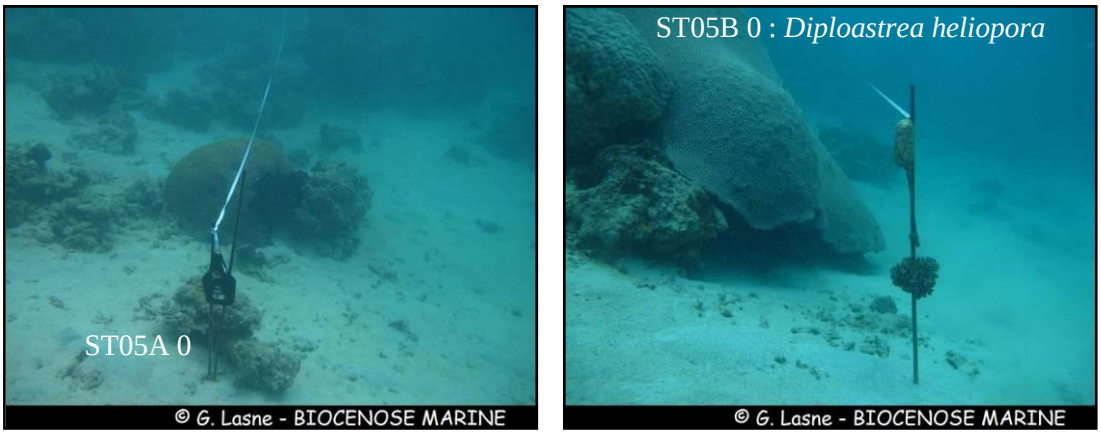
Au-delà de cette baisse corallienne (retour aux valeurs antérieures), cette station est stable.

4.5.2 Le benthos (ST05)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Ioro (ST05) est composée de 106 espèces coralliennes, de 45 espèces d'invertébrés, de 6 espèces de macrophytes, et aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **106 espèces coralliennes** (dont 99 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), 2 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère). Les familles scléractiniaires (99 taxons au sein de 14 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (28 taxons), les Acroporidae (17 taxons), les Poritidae (9 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (6 taxons), les Fungiidae (6 taxons), les Pectiniidae (6 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons), les Siderastreidae (3 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Caryophylliidae (1 taxon).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 2/99 espèces de scléractiniaires (2%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 0,067% de la surface totale observée.
- **45 espèces d'invertébrés** dont 16 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinidés (3 taxons), crinoïdes (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies.
- **6 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon).
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**



Pente sédimentaire recouverte par nombreuses colonies coralliennes

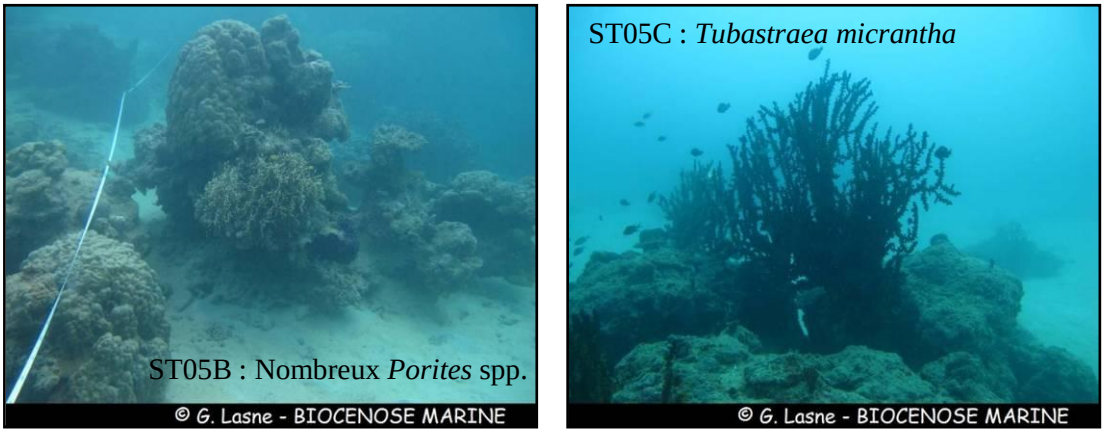


Photo n°17 : Vue d'ensemble des transects (ST05)

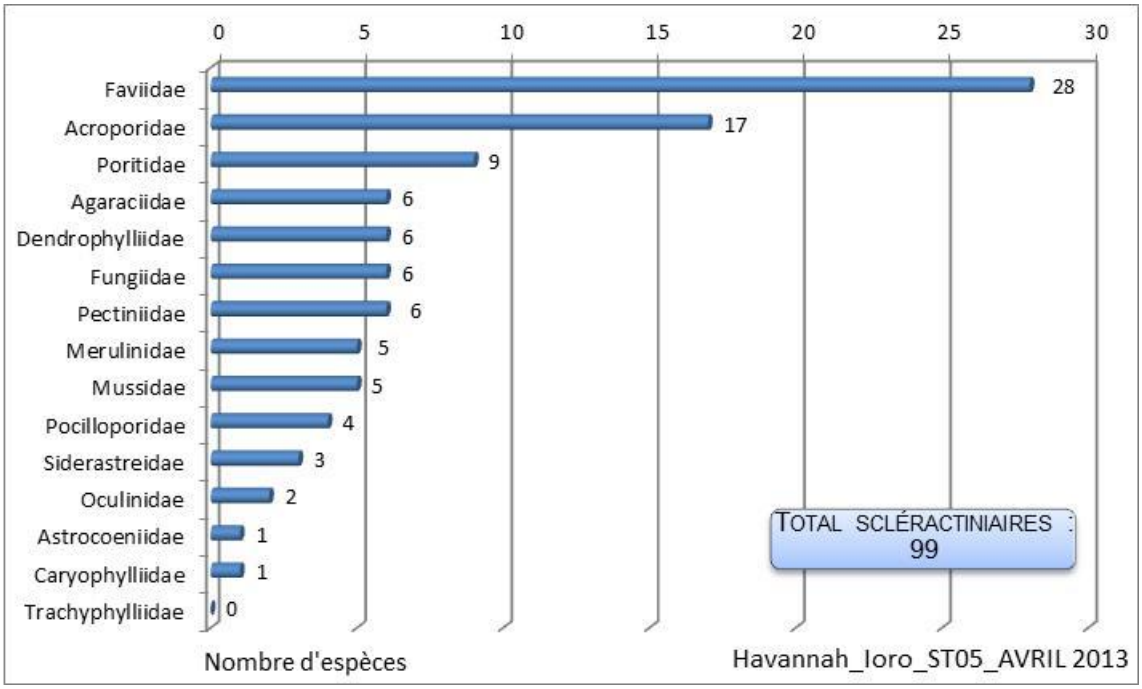


Figure n°57 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05)

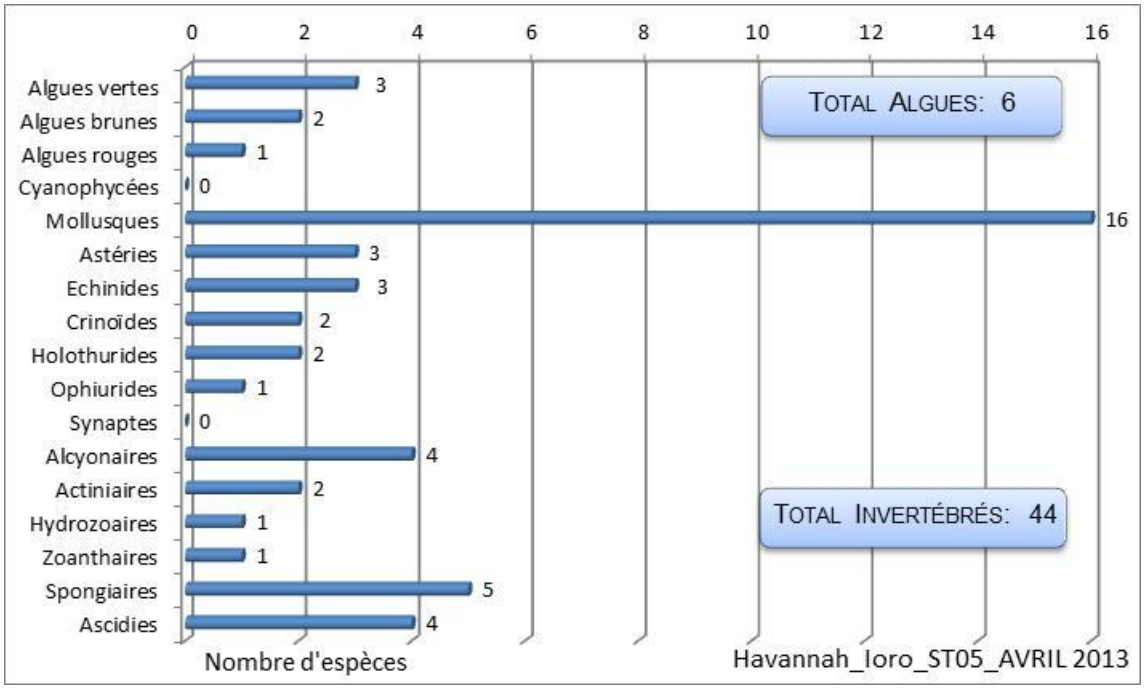


Figure n°58 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST05)

4.5.2.1 Benthos Transect 05 A

4.5.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST05A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST05A est composée de 80 espèces coralliennes dont 77 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), une espèce de gorgone. Les familles scléractiniaires (77 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par

ordre décroissant : les Faviidae (23 taxons), les Acroporidae (14 taxons), les Poritidae (7 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Merulinidae (4 taxons), les Mussidae (4 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons), les Pectiniidae (3 taxons), les Siderastreidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Il n'y a aucune espèce blanchie, ni de blanchissement visuel.

Tableau n°93 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST05A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
9 espèces : •*Astreopora explanata* (A1), •*Tubastraea* sp. (A2), •*Favia speciosa* (A1), •*Oulophyllia crispa* (A1), •*Fungia* spp. (3spp./+2spp.) (A2), •*Scolymia vitiensis* (A2), •*Psammocora contigua* (A1), •*Psammocora profundacella* (A1).	Une seule espèce : •*Goniastrea australiensis* (A2/+ 1)	Aucune espèce blanchie.
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
Une seule espèce : •*Coeloseris mayeri* (A0/-1)	10 espèces : •*Acropora* (branchu) (3spp., A2/- 1), •*Montipora* spp. (4spp., A3/- 1), •*Pachyseris speciosa* (A2/- 1), •*Favia* spp. (2spp., A2/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie

Tableau n°94 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST05A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	14	13	13	12	11	12	12	12	7
Agaraciidae	5	6	5	5	6	6	6	5	4
Astrocoeniidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	4	3	3	3	3	3	3	3	3
Faviidae	23	21	18	14	13	13	13	9	6
Fungiidae	4	2	2	2	2	2	2	2	1
Merulinidae	4	4	4	3	3	4	4	2	2
Mussidae	4	3	3	2	2	2	2	2	1
Oculinidae	1	1	1	1	2	2	2	1	1
Pectiniidae	3	3	3	3	3	3	3	2	1
Pocilloporidae	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Poritidae	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Siderastreidae	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**77**	**69**	**64**	**57**	**57**	**59**	**59**	**50**	**38**

Tableau n°95 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST05A)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**11.79**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 95).

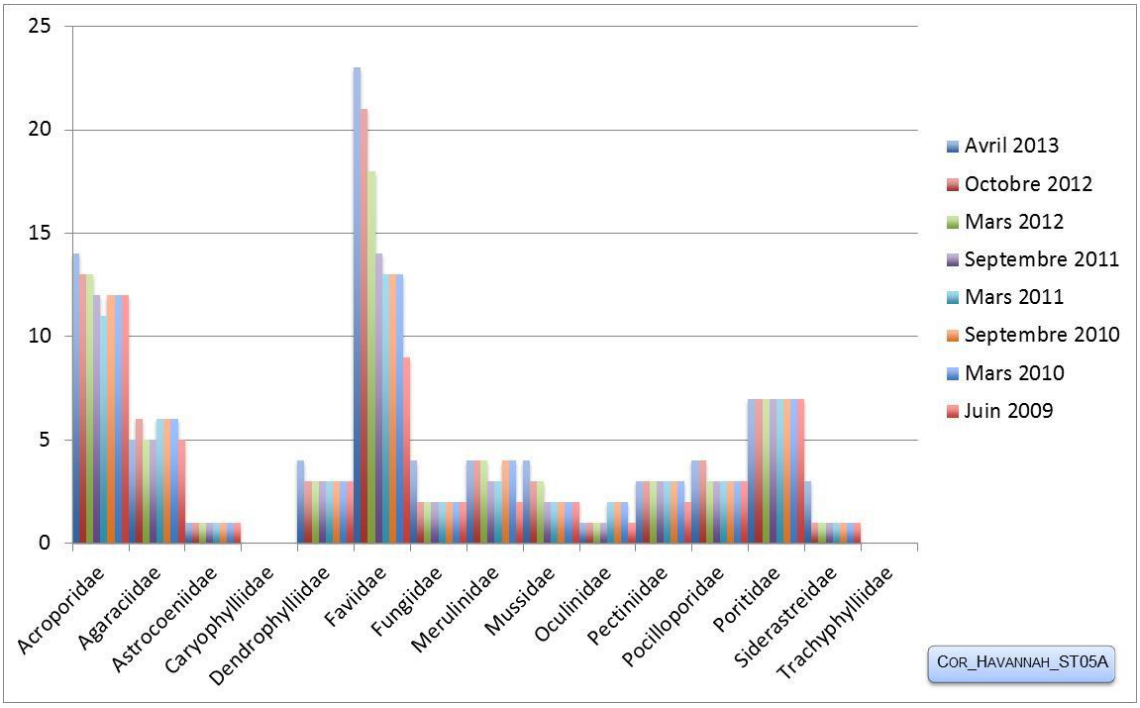


Figure n°59 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST05A)

4.5.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST05A est composée de 28 espèces d'invertébrés dont 12 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : actiniaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : échinidés (3 taxons), astéries (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies, et de 6 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°96 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST05A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A0/-2) ;et l'algue verte : •*Caulerpa* sp. (A0/-1)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue : l'algue rouge : •*Amphiroa* sp. (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les actiniaires : •*Heteractis aurora* (A1) Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les actiniaires : •*Heteractis* sp. (A0/-1)	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Thelenota ananas* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues :	☑

➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Fromia indica* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 sp) : •*Bohadschia argus* (A0/-1), •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-2)	
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (3 espèces) : •*Conus miles* (A1), •*Coralliophila violacea* (A2), •*Pteristernia reincarnata* (A1). 3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-2 sp) : •*Murex ramosus* (A0/-1), •*Lambis chiragra* (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-1 sp) :•*Glossodoris rubroannulatus* (A0/-1)	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A2/+ 1).
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
☑	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°97 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST05A)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	0	0	2	1	1	1	1	1	0
Actiniaires	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Hydrozoaires	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	1	2	1	0	0	0	0	0	0
Crinoïdes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échinides	3	2	2	3	1	2	2	2	1
Holothurides	1	2	0	0	1	0	0	0	3
Spongiaires	3	3	4	3	3	4	4	4	4
Mollusques	12	12	7	10	6	7	6	3	4
Ascidies	2	2	3	3	1	1	1	0	0
Total	**29**	**30**	**26**	**25**	**15**	**17**	**16**	**12**	**14**

Tableau n°98 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST05A)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**28.46**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 98).

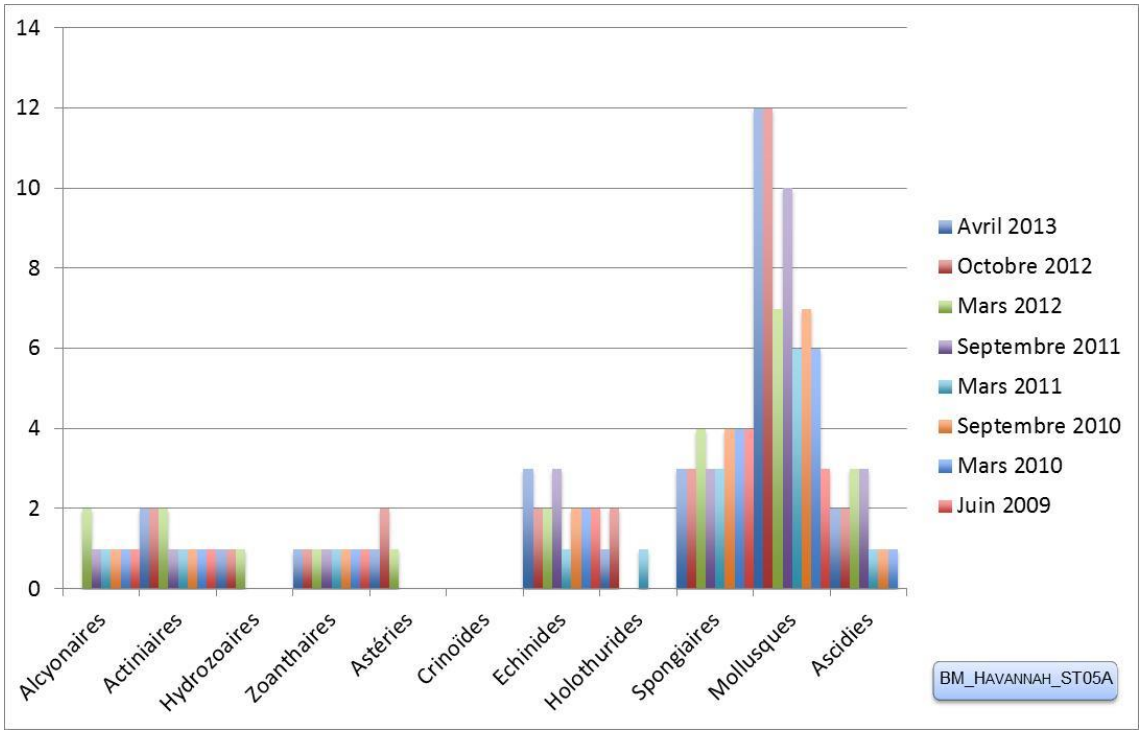


Figure n°60 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST05A)

4.5.2.2 Benthos Transect 05 B

4.5.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST05B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST05B est composée de 73 espèces coralliennes dont 68 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), 2 espèces de gorgones, une espèce d'antipathaire.

Les familles scléractiniaires (68 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (17 taxons), les Acroporidae (12 taxons), les Poritidae (7 taxons), les Dendrophylliidae (6 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Pocilloporidae (4 taxons), les Merulinidae (3 taxons), les Mussidae (3 taxons), les Pectiniidae (3 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 2/68 espèces de scléractiniaires (2,9%).
Le blanchissement visuel est de 0,2% de la surface du couloir.

Tableau n°99 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST05B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
3 espèces : •*Acropora (*tabulaire) (2spp./+1spp.) (A3) •*Barabattoia amicorum (*A2) •*Acanthastrea echinata (*A1).	2 espèces : •*Tubastraea micrantha (*A2/+ 1), •*Scolymia vitiensis (*A2/+ 1).	➢ 2 sp précédemment blanchies (2,9%) : •*Acropora (*branchu) (1spp.B*, B1), •*Acropora (*tabulaire) (1spp.B*, B1) ; ➢ Aucune sp nouvellement blanchie
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
5 espèces :	3 espèces :	➢ aucune espèce n'a réintégré ses

•*Antipathus* sp. (A0/-1), •*Turbinaria radicalis* (A0/-1), •*Leptastrea purpurea* (A0/-1), •*Hydnophora rigida* (A0/-1), •*Porites nigrescens* (A0/-2).	•*Diploastrea heliopora* (A2/- 1), •*Echinopora lamellosa* (A1/- 1), •*Echinophyllia horrida* (A1/- 1).	zooxanthelles ; n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ une seule espèce a vu son blanchissement se réduire : •*Acropora* spp. (branchu) (ΔB- 1).

Tableau n°100 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST05B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	12	11	12	12	11	10	10	10	6
Agaraciidae	5	5	5	5	5	5	5	4	4
Astrocoeniidae	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	6	7	6	5	5	5	5	4	4
Faviidae	17	17	14	8	8	8	8	6	5
Fungiidae	4	4	2	1	3	3	3	1	1
Merulinidae	3	4	4	4	4	4	4	3	3
Mussidae	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Oculinidae	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Pectiniidae	3	3	3	3	3	3	3	1	1
Pocilloporidae	4	4	4	4	5	5	5	5	5
Poritidae	7	8	7	7	7	7	7	7	5
Siderastreidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**68**	**69**	**63**	**55**	**58**	**57**	**57**	**48**	**40**

Tableau n°101 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST05B)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**16.84**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 101).

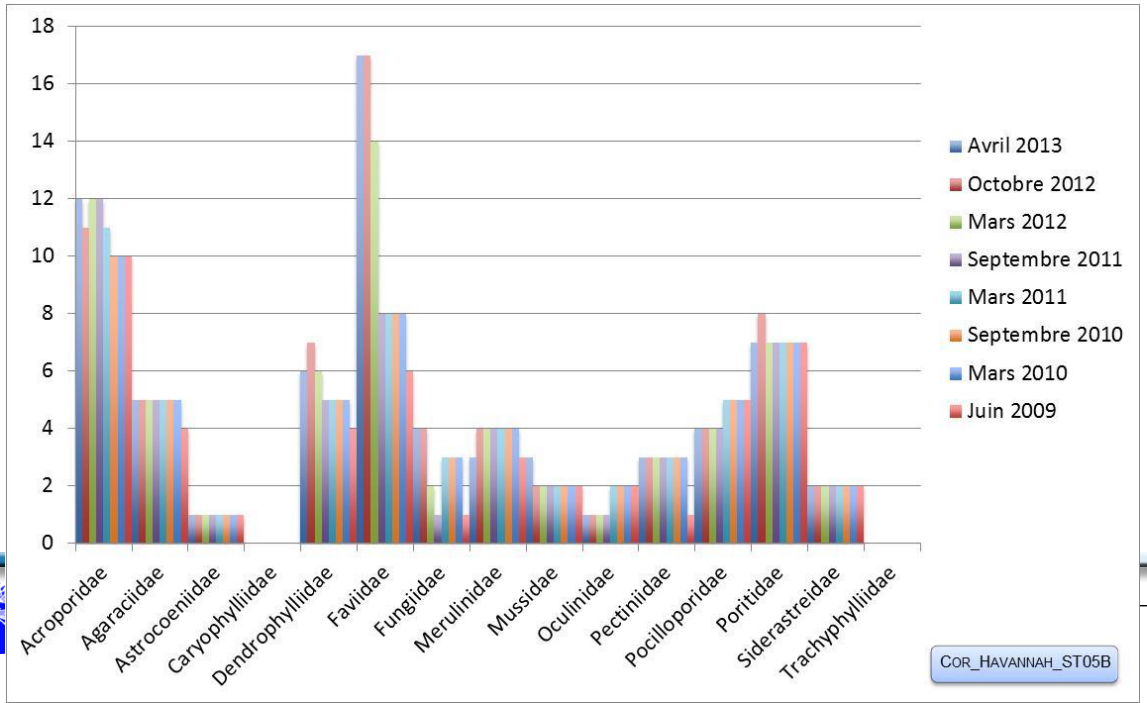


Figure n°61 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST05B)

4.5.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST05B est composée de 31 espèces d'invertébrés dont 12 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), crinoïdes (2 taxons), échinidés (2 taxons), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies, et de 3 espèces de macrophytes : algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.
La richesse spécifique des mollusques est très variable.
Les holothuries ont des variations d'abondance bathymétrique.

Tableau n°102 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST05B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue brune : •*Padina* sp. (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. 1 sp d'algue diminue, l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A1/-1).
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 sp) : •*Lobophytum* sp. (A0/-1) ➢ pour les hydrozoaires (-1 sp) : •*Aglaophenia cupressina* (A0/-2)	☑
Échinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema* sp. (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A1/-1) ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria fuscopunctata* (A1/-1)
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (3 sp) :•*Coralliophila violacea* (A2), •*Lambis chiragra* (A1), •*Astraea rhodostoma* (A1) 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les nudibranches : •*Sagaminopteron ornatum* (A0/-1), •*Chromodoris leopardus* (A0/-1).	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Spondylus* sp. (A2/+ 1) ➢ pour les gastéropodes (1 sp) : •*Drupa* sp. (A2/+ 1) Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves : •*Arca ventricosa* (A4/- 1)
Éponges	
☑	3 sp d'éponges diminuent d'abondance : •*Cliona orientalis* (A4/- 1), •Spongiaires ind. (noire) (A2/- 1), •*Clathria rugosa* (A1/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1)	1 sp d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/- 2).
Bryozoaires	

Une espèce de bryozoaires disparue : •Cyclostomes ind. (A0/-1).	☑

Tableau n°103 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST05B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	0	1	2	2	2	2	2	2	2
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	2	2	2	2	2	2	2	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	2	2	0	3	2	1	2	2	0
Crinoïdes	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Échinides	2	3	2	2	1	1	1	1	1
Holothurides	1	1	4	2	3	2	1	3	1
Spongiaires	5	5	5	5	4	4	4	5	5
Mollusques	12	11	8	8	5	6	6	6	5
Ascidies	3	4	3	3	1	1	2	2	2
Total	**32**	**38**	**34**	**34**	**24**	**23**	**24**	**27**	**19**

Tableau n°104 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST05B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**18.71**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 104).

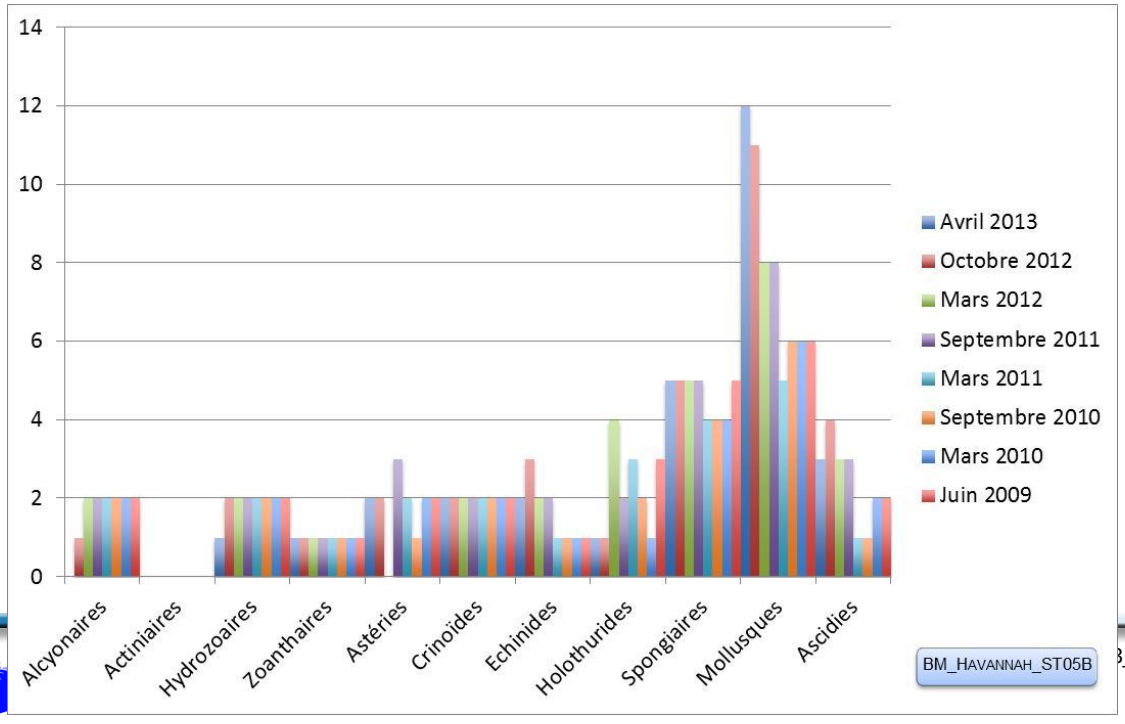


Figure n°62 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST05B)

4.5.2.3 Benthos Transect 05 C

4.5.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST05C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST05C est composée de 42 espèces coralliennes dont 37 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (37 taxons au sein de 12 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (12 taxons), les Agaraciidae (4 taxons), les Mussidae (4 taxons), les Acroporidae (3 taxons), les Pectiniidae (3 taxons), les Poritidae (3 taxons), les Dendrophylliidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Caryophylliidae (1 taxon), les Merulinidae (1 taxon), les Siderastreidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Fungiidae, des Pocilloporidae, des Trachyphylliidae et des Millépores.

Il n'y a aucune espèce blanchie.

Tableau n°105 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST05C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
4 espèces : •*Plerogyra sinuosa* (A1), •*Acanthastrea echinata* (A1), •*Mycedium elephantotus* (A1), •*Oxypora glabra* (A1)	Aucune	Aucune espèce blanchie.
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
4 espèces : •Gorgone ind.sp. (2spp./-1spp.A2/-0), •*Echinopora lamellosa* (A0/-1), •*Hydnophora exesa* (A0/-1), •*Pocillopora damicornis* (A0/-2).	2 espèces : •*Cyphastrea serailia* (A1/- 1), •*Lobophyllia hemprichii* (A1/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°106 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST05C)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	3	3	5	4	4	4	4	4	3
Agaraciidae	4	4	5	6	3	3	3	3	3
Astrocoeniidae	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Caryophylliidae	1	0	1	1	1	0	0	0	0
Dendrophylliidae	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Faviidae	12	13	14	11	13	13	13	13	11
Fungiidae	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Merulinidae	1	2	2	1	1	1	1	2	2
Mussidae	4	3	6	5	6	6	6	6	0
Oculinidae	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Pectiniidae	3	1	1	1	1	1	1	1	0
Pocilloporidae	0	1	1	3	3	3	3	2	2
Poritidae	3	3	3	3	2	2	2	2	2
Siderastreidae	1	1	2	2	2	2	2	2	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**37**	**36**	**45**	**42**	**42**	**41**	**41**	**41**	**30**

Tableau n°107 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST05C)

Degré de liberté	ddl	91
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**28.74**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	114.268

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 107).

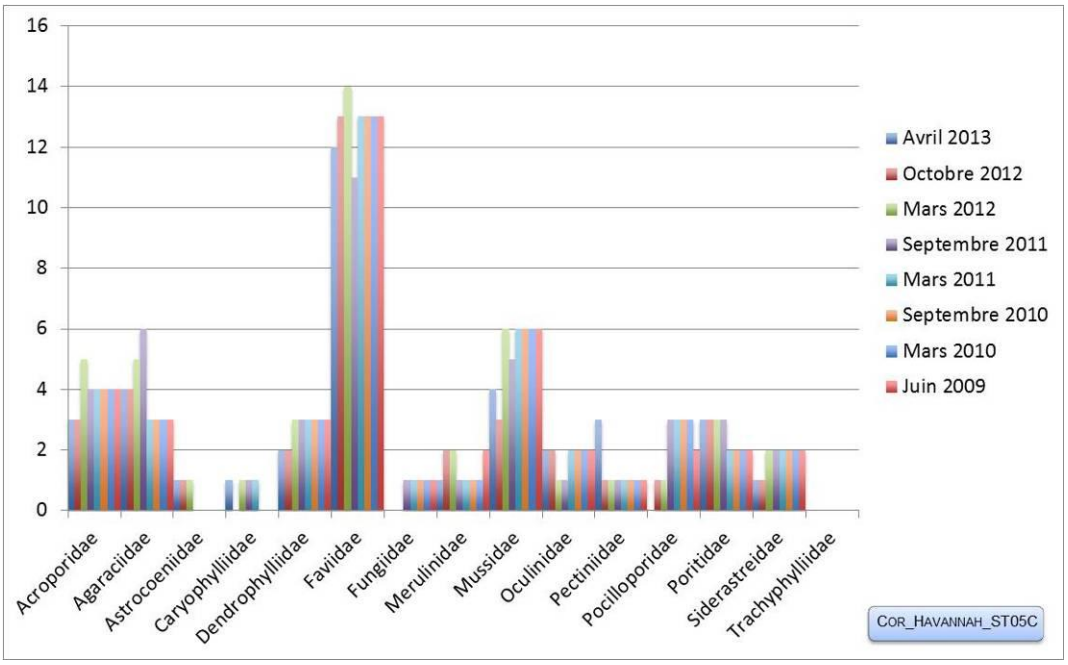


Figure n°63 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST05C)

4.5.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST05C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST05C est composée de 21 espèces d'invertébrés dont 3 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 3 espèces d'échinodermes : crinoïdes (2 taxons), astéries (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies et d'une espèce d'algues. Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°108 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST05C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle sp d'algues recensée ni disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente ni ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-1).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires : •*Nephthea* sp. (A1). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires : •*Sinularia* sp. (A0/-2), •*Dendronephthya* sp. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1) ; ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2).	☑
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A0/-1).	1 espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves : •*Arca ventricosa* (A2/-1)
Éponges	
☑	2 sp d'éponges diminuent d'abondance : •*Cliona jullienei* (A2/-1), •*Clathria rugosa* (A3/-1)
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A2/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°109 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST05C)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	4	5	4	4	5	4	5	5	4
Actiniaires	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	1	0	0	2	0	0	0	0	0
Crinoïdes	2	1	2	1	1	1	1	1	1
Échinides	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Holothurides	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Spongiaires	5	5	6	6	6	7	7	7	8
Mollusques	3	4	4	5	3	2	2	2	1
Ascidies	3	2	1	1	1	1	1	1	2
Total	**22**	**22**	**23**	**24**	**22**	**20**	**21**	**21**	**22**

Tableau n°110 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST05C)

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**31.42**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 110).

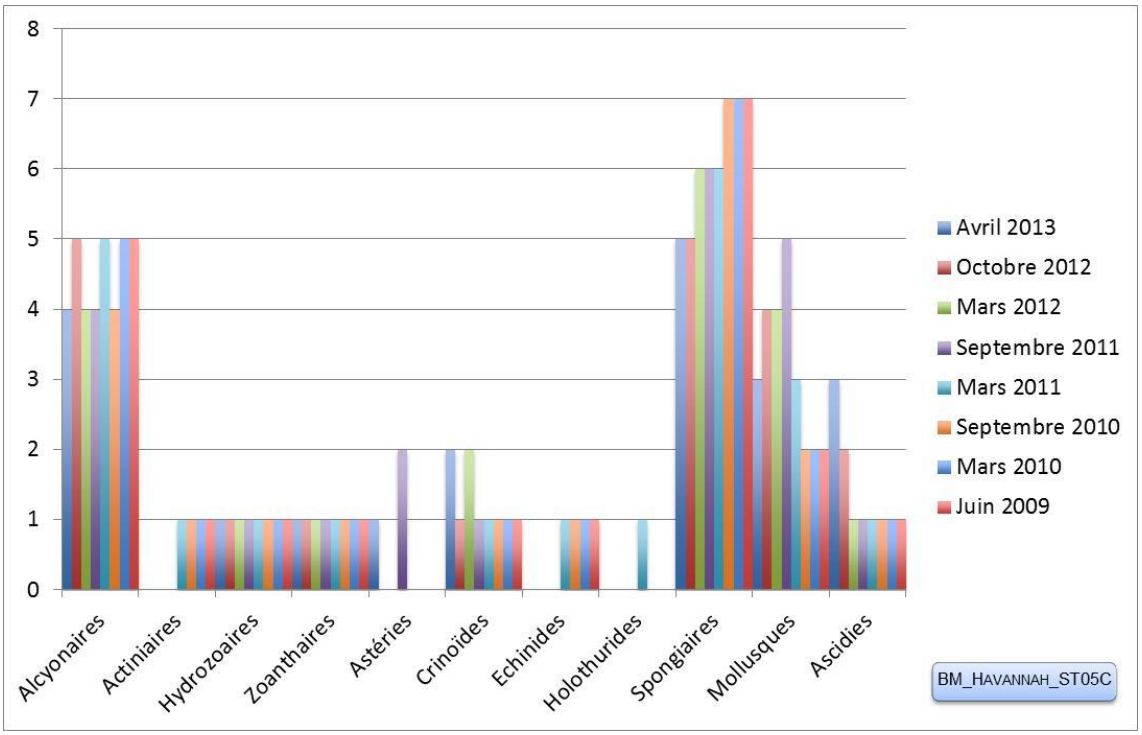


Figure n°64 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST05C)

4.5.3 Les poissons (ST05)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[8] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 111.

Tableau n°111 : Données sur les poissons (ST05)

Banc Ioro ST05		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*	3	0,04	4,37	3	0,04	4,37	2	0,03	4,00	2,67	0,03	4,25
Aca	*Acanthurus dussumieri*				1	0,01	6,75				0,33	0,00	2,25
Aca	*Ctenochaetus striatus*				6	0,08	4,49				2,00	0,03	1,50
Aca	*Zebrasoma scopas*	4	0,05	1,18	4	0,05	1,35				2,67	0,03	0,84
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	1	0,03	0,02	1	0,01	0,02	1	0,01	0,02	1,00	0,02	0,02
Cae	*Caesio pisang*				20	0,17	52,89	20	0,17	52,89	13,33	0,11	35,26
Cae	*Caesio trilineata*				20	0,17	52,89				6,67	0,06	17,63
Cae	*Caesio caerulaurea*							20	0,17	52,89	6,67	0,06	17,63
Can	*Canthigaster valentini*	1	0,01	0,02							0,33	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	0,03	0,25	2	0,03	0,25				1,33	0,02	0,17
Cha	*Chaetodon mertensii*				2	0,03	0,48				0,67	0,01	0,16
Cha	*Chaetodon plebeius*	2	0,03	0,34							0,67	0,01	0,11
Cha	*Chaetodon speculum*	2	0,03	0,50							0,67	0,01	0,17
Cha	*Chaetodon ulietensis*				3	0,05	0,34				1,00	0,02	0,11
Cha	*Chaetodon vagabundus*	2	0,03	0,60							0,67	0,01	0,20
Cha	*Coradion altivelis*							1	0,02	1,78	0,33	0,01	0,59
Cha	*Heniochus acuminatus*							1	0,01	2,00	0,33	0,00	0,67
Epi	*Epinephelus merra*	2	0,03	1,69							0,67	0,01	0,56
Epi	*Plectropomus leopardus*				3	0,04	20,25	2	0,03	13,50	1,67	0,02	11,25
Hae	*Diagramma pictum*							2	0,02	14,29	0,67	0,01	4,76
Lab	*Bodianus axillaris*				1	0,01	1,23				0,33	0,00	0,41
Lab	*Bodianus loxozonus*							1	0,01	2,00	0,33	0,00	0,67
Lab	*Cheilinus chlorourus*				1	0,01	3,97				0,33	0,00	1,32
Lab	*Labroides dimidiatus*				5	0,06	0,03				1,67	0,02	0,01
Lab	*Thalassoma lunare*							5	0,06	1,25	1,67	0,02	0,42
Let	*Gymnocranius grandoculis*							1	0,01	8,00	0,33	0,00	2,67
Mul	*Parupeneus indicus*							1	0,01	3,91	0,33	0,00	1,30
Nem	*Scolopsis bilineatus*	3	0,03	2,03	6	0,08	5,06				3,00	0,04	2,36
Poc	*Centropyge bicolor*	3	0,04	0,16	2	0,03	0,11				1,67	0,02	0,09
Poc	*Centropyge bispinosa*	4	0,05	0,22	4	0,07	0,29				2,67	0,04	0,17
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,05	0,13	3	0,04	0,09	2	0,03	0,03	2,67	0,04	0,08
Poc	*Chaetodontoplus conspicillatus*							2	0,03	7,81	0,67	0,01	2,60
Poc	*Pomacanthus sexstriatus*							2	0,02	2,67	0,67	0,01	0,89
Pom	*Abudefduf sexfasciatus*				12	0,15	0,50				4,00	0,05	0,17
Pom	*Abudefduf whitleyi*				10	0,13	7,48				3,33	0,04	2,49
Pom	*Amphiprion clarkii*	5	0,06	0,16							1,67	0,02	0,05
Pom	*Chromis fumea*							25	0,25	0,63	8,33	0,08	0,21
Pom	*Chrysiptera rollandi*	5	0,06	0,03				20	0,25	0,14	8,33	0,10	0,06
Pom	*Chrysiptera taupou*	15	0,19	0,10	15	0,19	0,10				10,00	0,13	0,07
Pom	*Dascyllus aruanus*				15	0,25	0,14				5,00	0,08	0,05
Pom	*Dascyllus reticulatus*				20	0,50	0,27				6,67	0,17	0,09
Pom	*Dascyllus trimaculatus*	15	0,19	0,10	25	0,42	0,23				13,33	0,20	0,11
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	10	0,13	0,37	15	0,25	0,73	10	0,17	0,89	11,67	0,18	0,66
Pri	*Priacanthus hamrur*				2	0,03	2,00				0,67	0,01	0,67
Pse	*Pictichromis coralensis*							1	0,01	0,03	0,33	0,00	0,01
Sca	*Scarus flavipectoralis*				8	0,10	16,00	6	0,06	19,04	4,67	0,05	11,68

[8] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Sca	*Scarus niger*				1	0,01	6,75				0,33	0,00	2,25
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,02	1,35	2	0,03	0,86				1,33	0,02	0,74
Total		**84**	**1,07**	**13,60**	**212**	**3,00**	**189,91**	**125**	**1,34**	**187,77**	**140,33**	**1,80**	**130,43**
Biodiversité		**19**			**29**			**20**			**48**		
Indice de Shannon =		4,742											
Equitabilité =		0,849											

Sur l'ensemble des transects de la station, 421 individus appartenant à 48 espèces différentes (tableau 111) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.80 poissons/m² pour une biomasse de 130.43 g/m².
115 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 112).

Tableau n°112 : Liste des espèces complémentaires (ST05)

Banc Ioro ST05					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Hae	*Diagramma pictum*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Acanthurus mata*	Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Hae	*Plectorhinchus lineatus*	Poc	*Chaetodontoplus conspicillatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Hae	*Plectorhinchus picus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Naso unicornis*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Bodianus axillaris*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis amboinensis*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Cheilinus undulatus*	Pom	*Chromis fumea*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis iomelas*
Cae	*Caesio pisang*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis nitida*
Cae	*Caesio trilineata*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis weberi*
Cae	*Caesio caerulaurea*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Chrysiptera starcki*
Car	*Caranx melampygus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Car	*Caranx papuensis*	Lab	*Macropharyngodon negrosensis*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Carc	*Triaenodon obesus*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Let	*Gymnocranius grandoculis*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Let	*Lethrinus nebulosus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Let	*Monotaxis heterodon*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	Pom	*Pomacentrus philippinus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lut	*Lutjanus monostigma*	Pse	*Pictichromis coralensis*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Coradion altivelis*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Heniochus monoceros*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sig	*Siganus doliatus*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Mul	*Upeneus tragula*	Sig	*Siganus puellus*
Das	*Dasyatis kuhlii*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Syn	*Synodus binotatus*

Epi	*Cromileptes altivelis*	Nem	*Scolopsis trilineatus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Epinephelus merra*	Pin	*Parapercis hexophtalma*		
Epi	*Plectropomus leopardus*	Pin	*Parapercis millepunctata*		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 113 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 65.

Tableau n°113 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST05)

Familles	Banc Ioro ST05									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	1	2	4	4	2	4	3	4	4	**4**
Anthiinidae		1								
Blenniidae	1			1	1	2	1	1	1	**1**
Caesionidae						1	1		1	**3**
Canthigasteridae			1	1		1		1	1	**1**
Carangidae						2				
Chaetodontidae	3	1	3	4	1	10	4	6	6	**8**
Dasyatidae			1		1	1			1	
Epinephelinae	1	3	4	1	1	3	2	1	3	**2**
Gobiidae	1		1	1					1	
Haemulidae			2	1	1	1	2		1	**1**
Labridae	3	5	4	8	2	6	5	6	3	**5**
Lethrinidae		1	1	1		1	1		1	**1**
Lutjanidae		1		1		1				
Mullidae		2	2	2	2	4	5	2	2	**1**
Nemipteridae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Priacanthidae										**5**
Pomacanthidae	2	3	5	3	3	5	2	2	3	**10**
Pomacentridae	8	7	8	9	7	7	12	8	8	**1**
Pseudochromidae									1	**1**
Scaridae	1	2	4	2	1	4	3	3	1	**2**
Scombridae						1				
Siganidae		1	3	2	1	1	1	1	1	**1**
Total espèces	**22**	**30**	**44**	**42**	**24**	**56**	**43**	**36**	**40**	**48**
Total familles	**10**	**13**	**15**	**16**	**13**	**19**	**14**	**12**	**18**	**17**

Cette fois ci, c'est la famille des Priacanthidae qui s'ajoute avec *Priacanthus hamrur*.

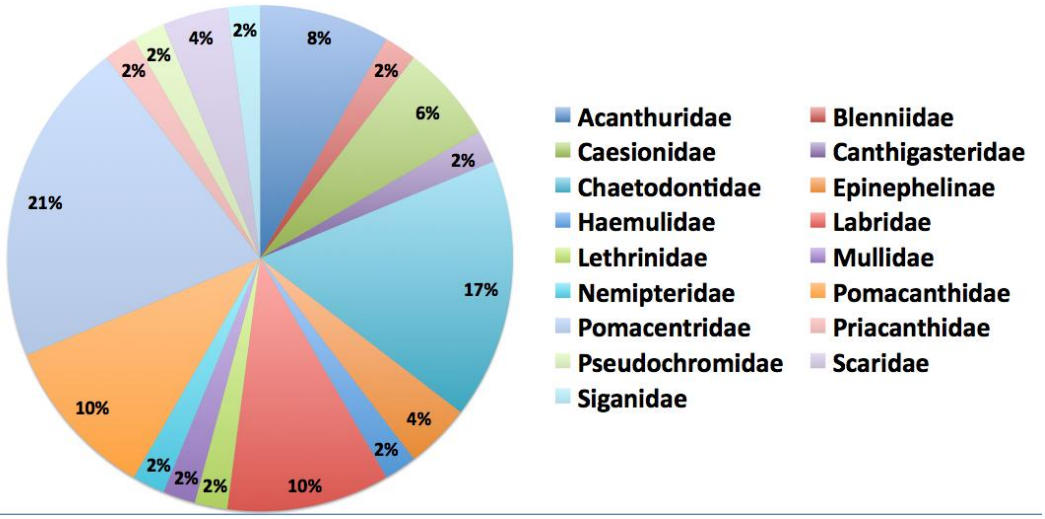


Figure n°65 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST05)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 114), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°114 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST05)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
123,42	198	243,2	17/23

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 115 et la figure 66.

Tableau n°115 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05)

Banc Ioro ST05		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
	Transect A	84,00	1,07	13,60			
	Transect B	212,00	3,00	189,91			
	Transect C	125,00	1,34	187,77			
	Moy. ABC	140,33	1,80	130,43	48	87	115
2012 b	Moy. ABC	107,00	1,22	99,73	41	69	96
2012 a	Moy. ABC	76,67	0,87	51,11	36	66	88
2011 b	Moy. ABC	71,00	0,81	41,01	43	59	84
2011 a	Moy. ABC	141,33	1,56	661,47	56	67	94
2010 b	Moy. ABC	100	1,23	37,89	24	50	66
2010 a	Moy. ABC	71,00	2,37	93,78	42	63	79
2009	Moy. ABC	45,50	4,09	315,96	44	56	69
2008	Moy. ABC	57,30	2,02	57,97	30	41	52
2007	Moy. ABC	26,30	0,73	47,65	22	37	50

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 116 et représentation figure 67.

Tableau n°116 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

	Nb ind.	**Densité**	**Biom.**	**Biodiv.1**	**Biodiv.2**	**Biodiv.3**
Variance	1 331,54	1,02	38694,45	114,04	212,06	417,12
Coef. de Var.	0,44	0,60	1,28	0,28	0,24	0,26

On notera que les paramètres de biomasse et densité présentent d'importantes variations. Les représentations graphiques sont, chacune en ce qui la concerne, écrasées par la densité de la mission 2009 et par la biomasse de la mission mars 2011.
On notera également que la progression gauche-droite des graphiques de biodiversité (Biodiv.2 et Biodiv.3) déjà signalée dans le précédent rapport, se poursuit. Cette augmentation que nous expliquions par un « effet plongeur » mérite toutefois d'être suivie, puisque durant cette mission, la biodiversité α semble partout en augmentation.

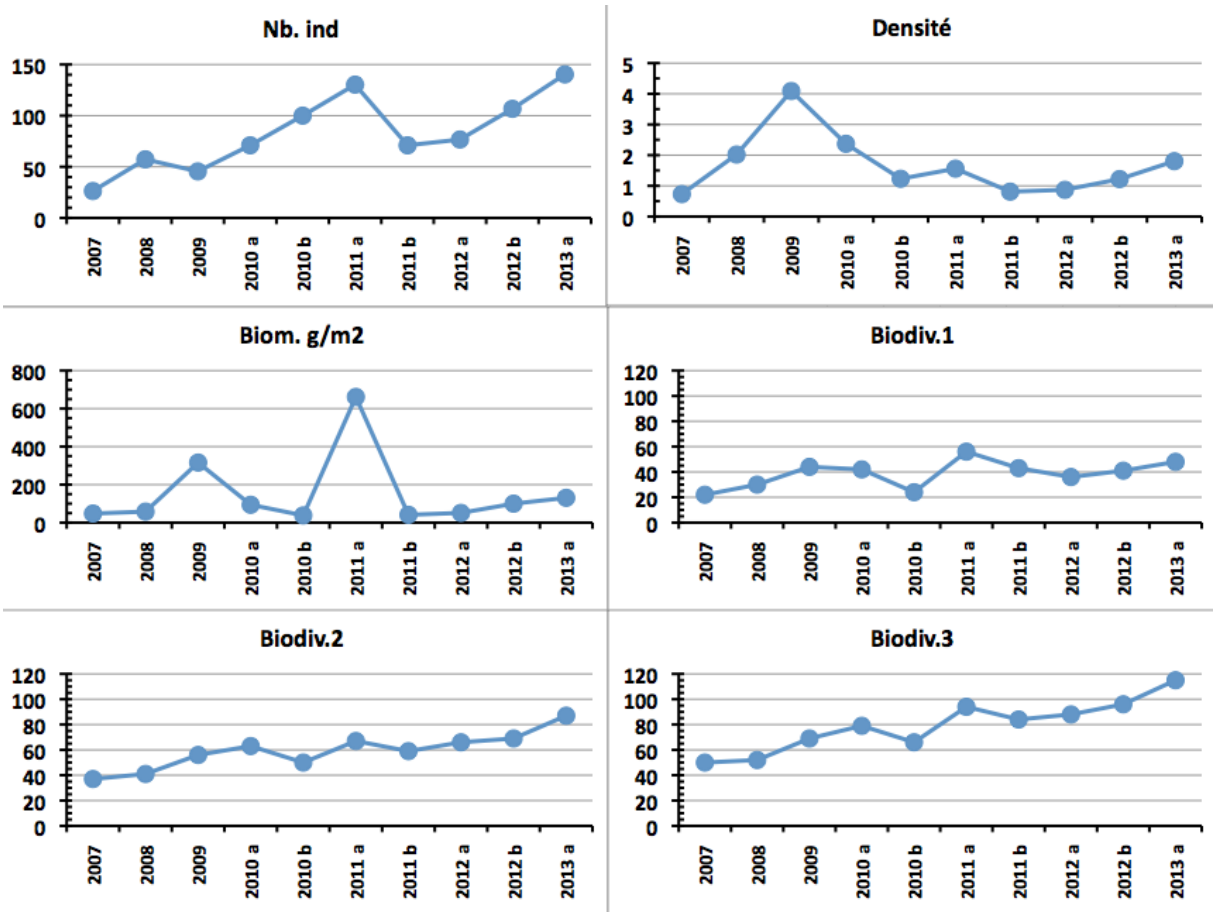


Figure n°66 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

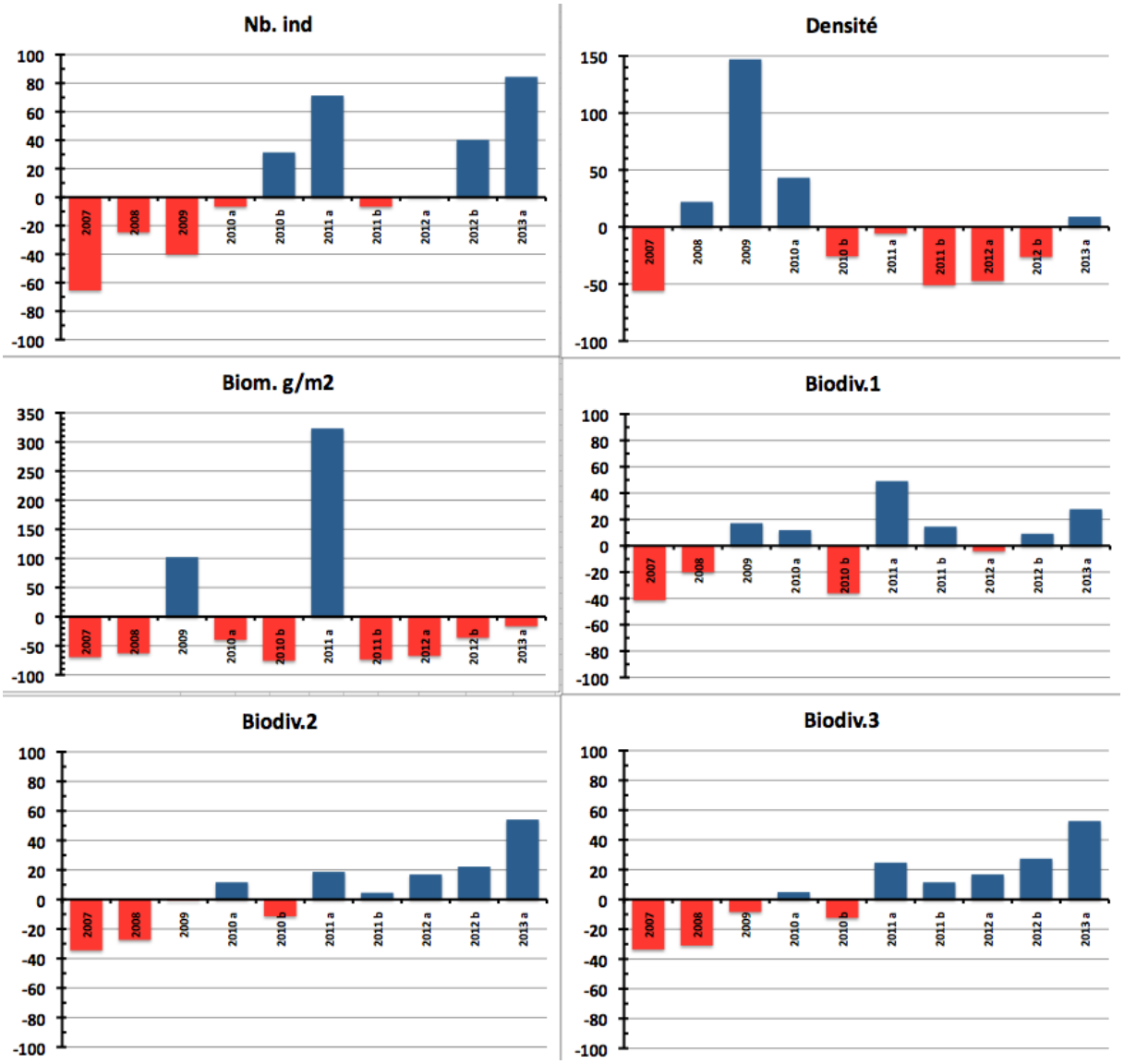


Figure n°67 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

4.6 Station 06 = Banc Ionontea

Localisation géographique	Au nord-est du banc Ionontea. Le banc Ionontea se situe au milieu du canal de la Havannah. Ce récif est totalement immergé (cf. photographie 18) et subit les forts courants de marée et l'assaut des trains de houle. Aucun abri n'est possible.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés parallèlement à la rupture de pente sous une orientation du sud-ouest vers le nord-est à 9, 15 et 21 mètres de profondeur.
	Le transect A se situe au début de la rupture de pente du récif. Le transect B se trouve au milieu de la pente qui est abrupte. Cette déclivité et les courants intenses ont généré des éboulements de blocs (10 cm à 1 m) et retourné des *Acropora* tabulaires. Le transect C se situe en bas de pente. Au-delà, les massifs coralliens sont beaucoup plus espacés et le sable parsemé de débris, représente plus de 70 % du recouvrement.

Description générale

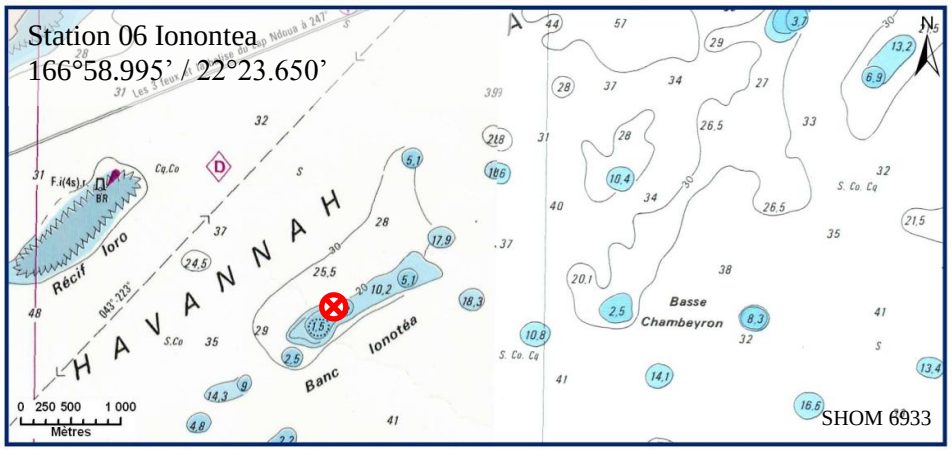
La station est positionnée sur une pente abrupte inclinée entre 40-50° pour les profondeurs de 6 et 20 mètres.
Le banc est recouvert à son sommet principalement par des coraux du genre *Acropora* tabulaires et sub massif *Pocillopora* puis par une algueraie d'algues brunes des genres *Turbinaria* et *Sargassum*. Cette zone est fréquentée par de nombreuses tortues qui viennent se nourrir de ces algues. On note également la présence de deux couloirs d'avalanches avec des débris coralliens où les madrépores sont quasiment inexistants.

Caractéristiques principales

- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée)
- Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des communautés benthiques au transect A et accumulation de débris coralliens et de roches pour les autres transects B&C
- Présence en grandes colonies de *Porites* massifs à mi pente (transect B)
- Nombreux coraux tabulaires retournés sur l'ensemble de la station
- Mortalité corallienne et nombreux débris
- Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) se développent relativement bien et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants
- Lors de la mission de mars 2011 les communautés benthiques étaient dégradées sur l'ensemble de la station et plus particulièrement au transect A (cause : hydrodynamisme important d'une dépression)
- Fortes compétition spatiale entre les coraux, les alcyonaires et les spongiaires

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- Richesse spécifique des coraux a nettement diminué sur l'ensemble de la station (transects A&B) et principalement en C (nombreux débris coralliens)
- **Le blanchissement corallien affecte 39/104** espèces de scléractiniaires (37.5%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (2% de la surface totale observée)
- **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaire et *Seriatopora histrix*, *Pectinia lactuca* au transect B
- Saisonnalité des algues rouges *Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis* (diminution d'abondance très importante - caractère invasif en octobre à décembre)
- Recouvrement important des cyanobactéries au transect B et particulièrement au C
- Aucun spécimen de *Drupella cornus* (mollusques corallivores) n'a été recensé sur des colonies coralliennes
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- Les échinodermes et les gastéropodes apprécient les phases d'effondrement de nouveaux débris coralliens pour se nourrir
- Augmentation de recouvrement des *Cliones* aux transects B&C
- Absence de spécimen d'*Acanthaster planci*





Carte n°8 : Localisation de la station 06 (Ionontea)



Photo n°18 : Position en surface (ST06)

4.6.1 Le substrat (ST06)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 68 pour le transect A, dans la figure 69 pour le transect B et dans la figure 70 pour le transect C.

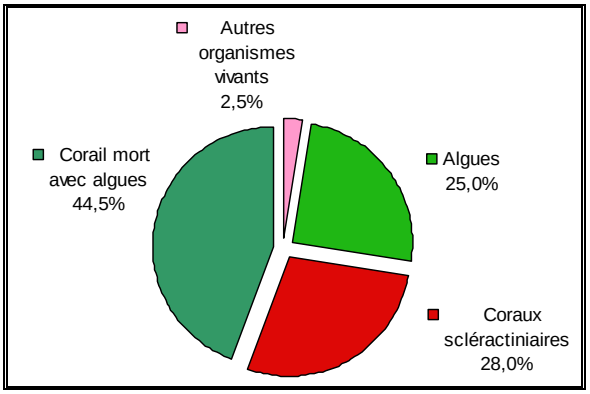


Figure n°68 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A

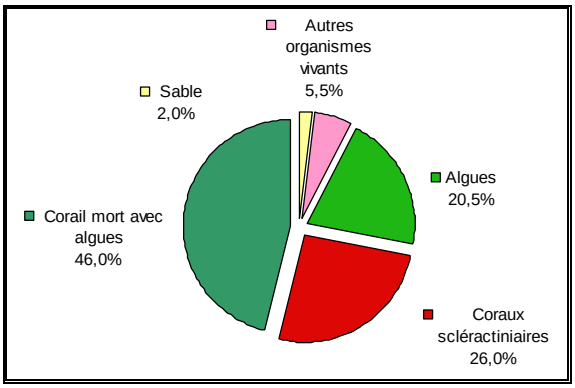


Figure n°69 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B

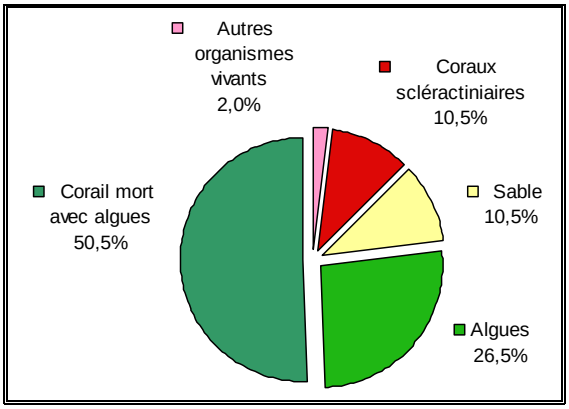


Figure n°70 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C

Le substrat est très recouvert à cette station, notamment de coraux morts anciennement et colonisés par des algues calcaires encroûtantes (avec ainsi 100% de substrat biotique au transect A, 98% en B et 89.5% en C).
Les coraux scléractiniaires sont bien représentés particulièrement sur les 2 transects haut (28%, 26% et 10.5%), avec une augmentation sensible de leur recouvrement en B (+ 6%).
Les algues continuent d'augmenter au transect B (20.5% *vs* 10%).
A noter : les cyanobactéries ont réapparu faiblement au transect B (0.5%) et se maintiennent en C (4%).

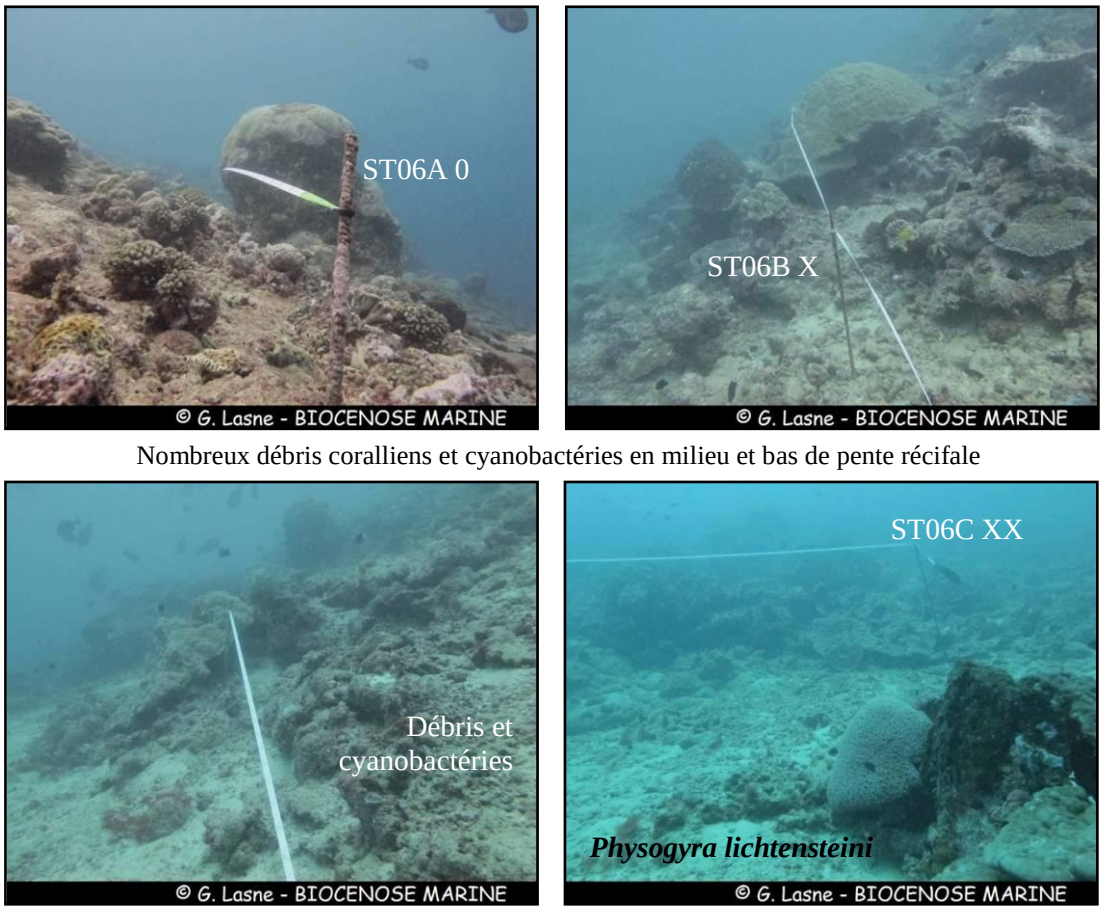
Les trois transects sont globalement stables.

4.6.2 Le benthos (ST06)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Banc Ionontea (ST06) est composée de 110 espèces coralliennes, de 52 espèces d'invertébrés, de 5 espèces de macrophytes et d'une espèce de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **110 espèces coralliennes** (dont 104 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), 2 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires).
  Les familles scléractiniaires (104 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (30 taxons), les Acroporidae (16 taxons), les Agaraciidae (8 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Pocilloporidae (8 taxons), les Dendrophylliidae (6 taxons), les Fungiidae (6 taxons), les Merulinidae (6 taxons), les Pectiniidae (5 taxons), les Siderastreidae (5 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Caryophylliidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Trachyphylliidae.
  -Le blanchissement corallien affecte 39/104 espèces de scléractiniaires (37,5%).
  -Le blanchissement visuel moyen est de 2% de la surface totale observée.
- **52 espèces d'invertébrés** dont 15 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 16 espèces d'échinodermes : holothurides (8 taxons), astéries (3 taxons), échinidés (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies.
- **5 espèces de macrophytes** : algues rouges (3 taxons), algues brunes (1 taxon), algues vertes (1 taxon).
- **1 espèce de cyanobactéries.**



Nombreux débris coralliens et cyanobactéries en milieu et bas de pente récifale

Photo n°19 : Vue d'ensemble des transects (ST06)

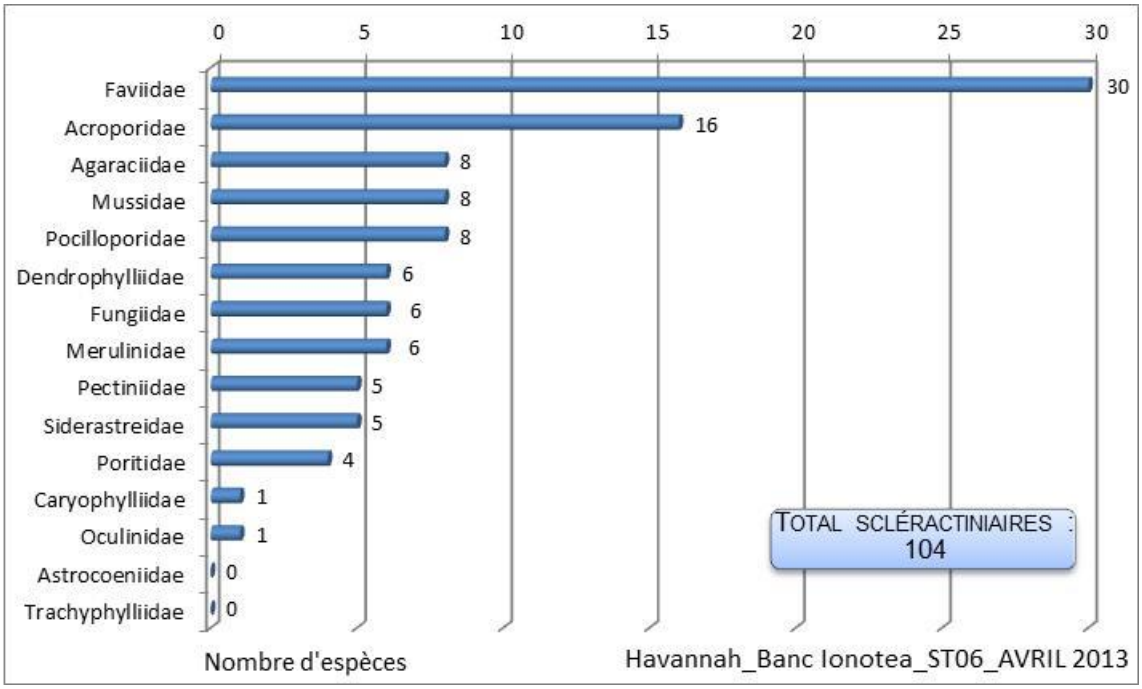


Figure n°71 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06)

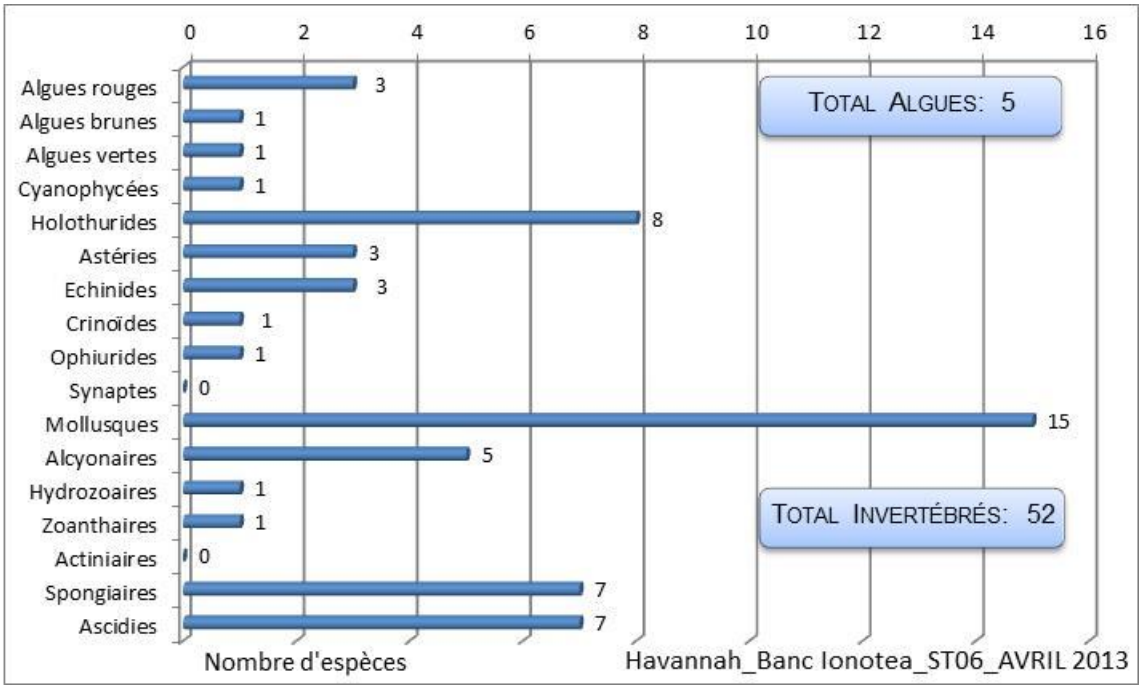


Figure n°72 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST06)

4.6.2.1 Benthos Transect 06 A

4.6.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST06A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST06A est composée de 71 espèces coralliennes dont 69 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (encroûtant), une espèce d'antipathaire.

Les familles scléractiniaires (69 taxons au sein de 10 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (19 taxons), les Acroporidae (15 taxons), les Mussidae (7 taxons), les

Pocilloporidae (7 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (5 taxons), les Merulinidae (4 taxons), les Siderastreidae (3 taxons), les Poritidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Fungiidae, des Pectiniidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 14/69 espèces de scléractiniaires (20,3%).
Le blanchissement visuel est de 1,5% de la surface du couloir.

Tableau n°117 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST06A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
Une seule espèce : •*Acanthastrea bowerbanki* (A1)	Une seule espèce : •*Scapophyllia cylindrica* (A2/+ 1)	14 espèces blanchies (20,3%) : ➢ 1 seule 1 précédemment blanchie •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B1, N) ➢ 13 nouvellement blanchies (18,8%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B1,N), •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B1,N), •*Montipora* spp. (2spp.B*, B2, N), •*Favia maxima* (B1, N), •*Favia speciosa* (B1,N), •*Leptoria phrygia* (B1 N), •*Montastrea curta* (B1,N), •*Montastrea* sp. (B1,N), • *Pocillopora damicornis* (B1,N), •*Seriatopora histrix* (B1 N)
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
6 espèces : •*Millepora* (branchu) (A0/-2), •*Acropora florida* (A0/-2), •*Echinopora gemmacea* (A0/-1), •*Echinopora lamellosa* (A0/-1), •*Podabacia crustacea* (A0/-2), •*Merulina scabricula* (A0/-2).	2 espèces : •*Galaxea fascicularis* (A3/- 2), •*Pocillopora eydouxi* (A1/- 1).	➢ aucune espèce n'a réintégré ses zooxanthelles ; ➢ 1 seule sp a vu son blanchissement s'accroître : •*Galaxea fascicularis* (ΔB+ 1) ➢ 0 sp n'a vu son blanchissement se réduire

Tableau n°118 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST06A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	15	16	15	15	15	19	19	19	11
Agaraciidae	6	6	6	6	6	7	7	6	6
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Dendrophylliidae	5	5	4	3	3	3	4	4	4
Faviidae	19	21	17	15	15	16	16	16	16
Fungiidae	0	1	2	3	3	4	4	4	4
Merulinidae	4	5	5	5	4	7	7	7	5
Mussidae	7	6	5	5	5	6	6	6	6
Oculinidae	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Pectiniidae	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Pocilloporidae	7	7	7	7	7	6	6	6	6
Poritidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Siderastreidae	3	3	3	3	3	3	2	2	2
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**69**	**73**	**67**	**65**	**64**	**77**	**77**	**75**	**65**

Tableau n°119 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST06A)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**23.63**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 119).

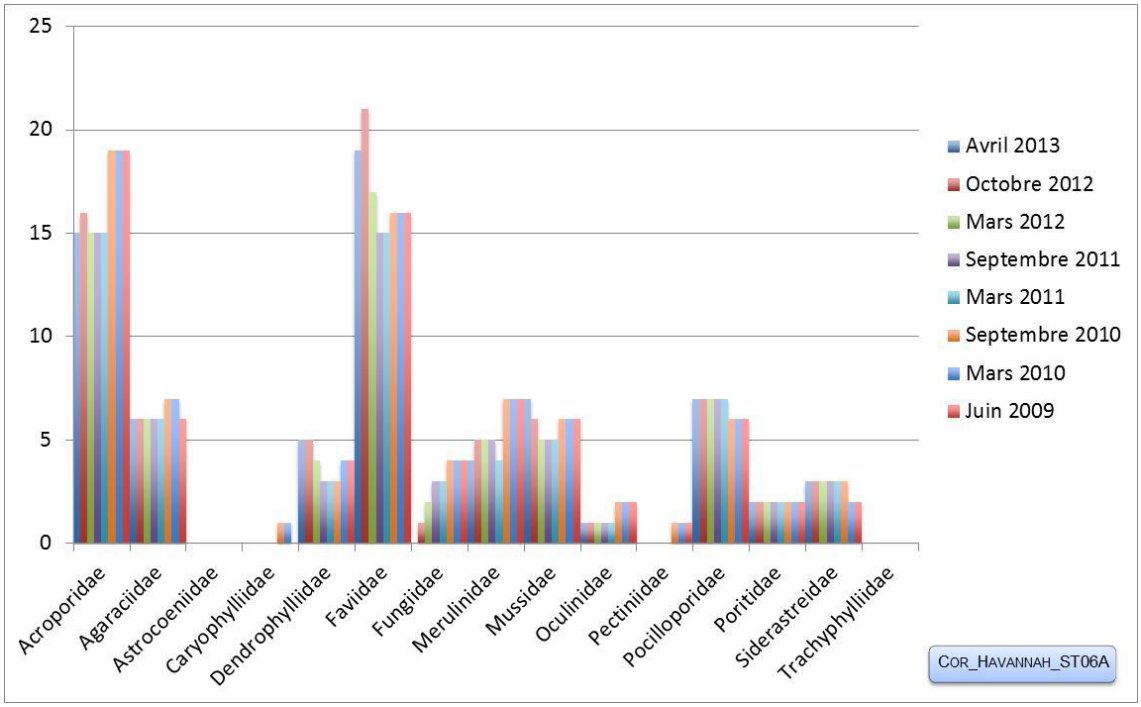


Figure n°73 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST06A)

4.6.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST06A est composée de 19 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 4 espèces d'échinodermes : échinidés (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon) ; 2 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies, et de 2 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°120 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST06A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A2) et4 sp d'algues disparues, dont 3 rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-4), •*Amphiroa vanbosseae* (A0/-2), •*Trichogloea requienii* (A0/-3) et 1 verte : •*Halimeda* sp. (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires : •*Lobophytum* sp. (A0/-2)	☑
Échinodermes	

☑	☑
Mollusques	
6 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (2 sp) : •*Pleuroploca filamentosa* (A1), •*Tridacna maxima* (A1) ; ➢ pour les gastéropodes (4 sp) : •*Conus ratus* (A1), •*Turbo petholatus* (A1), •*Turbo setosus* (A2), •*Turbo* sp. (A1)	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A2/- 1).
Éponges	
2 espèces d'éponges disparues : •*Dysidea herbacea* (A0/-2), •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2).	☑
Ascidies	
☑	1 sp d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/-1)
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°121 : *Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST06A)*

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	1	2	3	3	1	3	3	3	3
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	1	1	2	0	0	0	2	1	1
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	2	2	1	1	0	0	0	0	0
Holothurides	0	0	0	0	0	1	2	1	1
Spongiaires	2	4	5	4	2	2	3	3	3
Mollusques	8	2	3	5	1	1	1	1	1
Ascidies	3	3	4	5	1	1	1	3	3
Total	**20**	**17**	**21**	**21**	**7**	**11**	**15**	**15**	**15**

Tableau n°122 : *Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST06A)*

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**42.66**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 122).

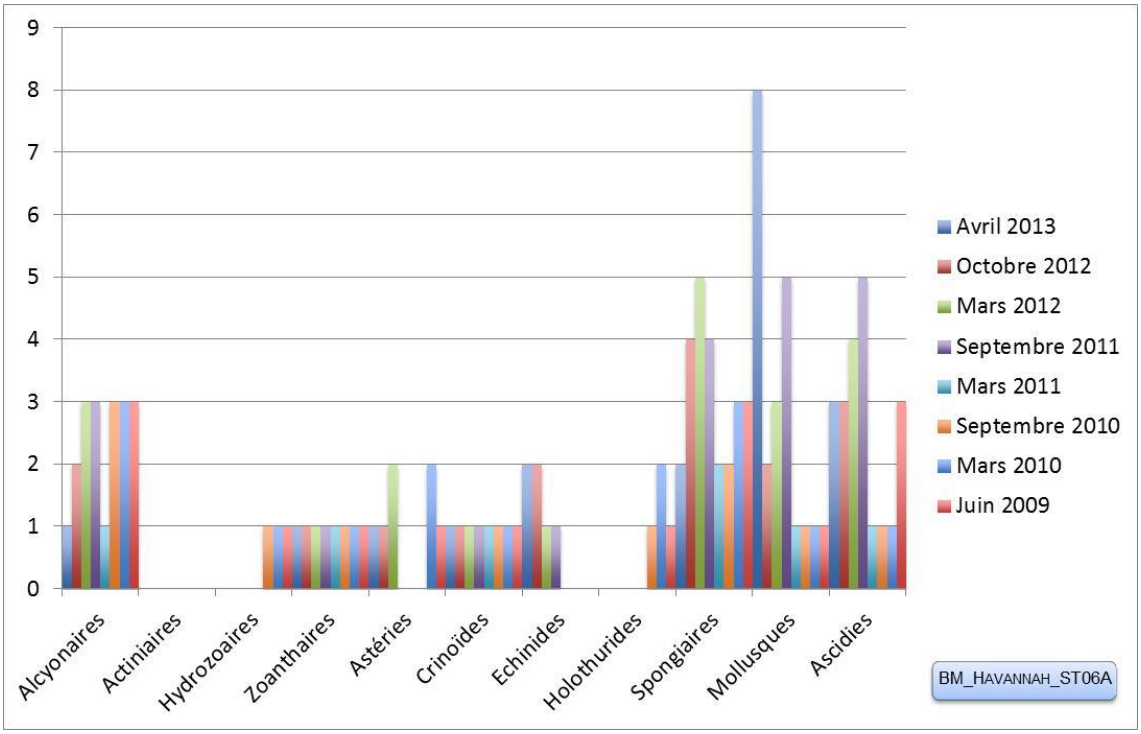


Figure n°74 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST06A)

4.6.2.2 Benthos Transect 06 B

4.6.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST06B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST06B est composée de 81 espèces coralliennes dont 77 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), une espèce de gorgone, une espèce d'antipathaire.

Les familles scléractiniaires (77 taxons au sein de 12 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (21 taxons), les Acroporidae (11 taxons), les Agaraciidae (7 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Pocilloporidae (7 taxons), les Merulinidae (6 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Pectiniidae (3 taxons), les Poritidae (3 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 27/77 espèces de scléractiniaires (35,1%).
Le blanchissement visuel est de 2,6% de la surface du couloir.

Tableau n°123 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST06B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
2 espèces : •*Gardineroseris planulata* (A1), •*Cyphastrea serailia* (A1)	Une seule espèce : •*Fungia* spp. (A2/+ 1)	27 espèces blanchies (35,1%) : ➢ 0 précédemment blanchie. ➢ 27 nouvellement blanchies (35,1%) : •*Acropora florida* (B1, N), •*Acropora* (branchu) (1spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (1spp.B*, B2, N), •*Montipora* spp. (2spp.B*, B2, N),

		•*Pachyseris speciosa* (B1, N), •*Pavona clavus* (B1, N), •*Turbinaria peltata* (B1, N), •*Turbinaria reniformis* (B1, N), •*Barabattoia amicorum* (B1, N), •*Echinopora lamellosa* (B1, N), •*Favites abdita* (B1, N), •*Favites* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Leptoria phrygia* (B1, N), •*Montastrea curta* (B1, N), •*Fungia* (B1, N), •*Hydnophora exesa* (B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Lobophyllia corymbosa* (B1, N), •*Scolymia vitiensis* (B1, N).•*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Mycedium elephantotus* (B1, N), •*Pocillopora damicornis* (B1, N), •*Seriatopora calendrium* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B2, N), •*Stylophora pistillata* (B1, N), •*Psammocora contigua* (B1, N)..
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
8 espèces : •Gorgone ind.sp. (1spp./-1spp.A2/-0), •*Turbinaria radicalis* (A0/-1), •*Platygyra lamellina* (A0/-1), •*Podabacia crustacea* (A0/-1), •*Polyphyllia talpina* (A0/-1), •*Merulina scabricula* (A0/-2), •*Galaxea astreata* (A0/-2), •*Stylophora subseriata* (A0/-1).	11 espèces : •*Pavona clavus* (A1/- 1), •*Goniastrea aspera* (A1/- 1), •*Fungia scutaria* (A1/- 1), •*Sandalolitha robusta* (A1/- 1), •*Hydnophora microconos* (A1/- 1), •*Hydnophora pilosa* (A1/- 1), •*Scolymia vitiensis* (A2/- 1), •*Mycedium elephantotus* (A1/- 1), •*Pocillopora eydouxi* (A1/- 1), •*Pocillopora meandrina* (A1/- 1), •*Porites lobata* (A2/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°124 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST06B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	11	11	11	9	9	9	9	9	6
Agaraciidae	7	6	6	6	4	4	4	4	4
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Dendrophylliidae	4	5	5	5	4	4	4	2	2
Faviidae	21	21	21	19	17	15	15	15	14
Fungiidae	5	7	7	5	3	3	3	3	3
Merulinidae	6	7	7	6	6	6	6	6	5
Mussidae	7	7	7	6	6	7	7	6	6
Oculinidae	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	3	3	4	4	4	4	4	3	3
Pocilloporidae	7	8	8	6	6	6	6	6	6
Poritidae	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Siderastreidae	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**77**	**82**	**84**	**74**	**66**	**65**	**65**	**59**	**54**

Tableau n°125 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST06B)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**13.42**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 125).

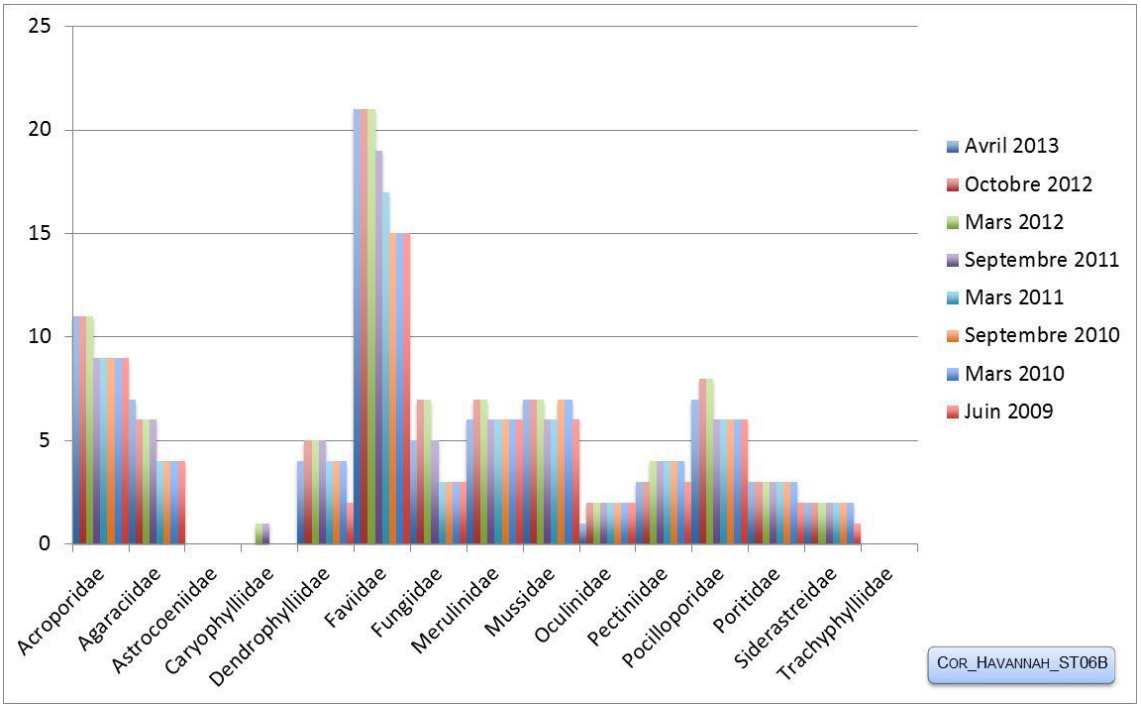


Figure n°75 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST06B)

4.6.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST06B est composée de 36 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : holothurides (3 taxons), astéries (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies, et de 4 espèces de macrophytes : algues rouges (3 taxons), algues vertes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°126 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013: Les biocénoses (ST06B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 4 sp d'algues disparues, dont 2 brunes : •*Dictyota* sp. (A0/-2), •*Padina* sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-4) et l'algue verte : •*Caulerpa* sp. (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 sp d'algues diminuent, dont l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2/- 3) et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2/- 1)
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A3).	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les zoanthaires : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2)	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 sp) : •*Linckia multifora* (A1) ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria atra* (A2) 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les échinides (-1 sp) : •*Diadema setosum* (A0/-1) ➢ pour les holothurides (-2 sp) : •*Holothuria edulis* (A0/-2), •*Thelenota ananas* (A0/-1).	☑
Mollusques	
5 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Pteria* sp. (A1) ; ➢ pour les gastéropodes (3 sp) : •*Coralliophila violacea* (A2), •*Latirolagena smaragdula* (A2), •*Pteristernia reincarnata* (A1) ➢ pour les nudibranches (1 sp) : •*Phyllidiella pustulosa* (A1) 1 espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes : •*Chicoreus ramosus* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A2/+ 1).
Éponges	
☑	2 sp d'éponges augmentent d'abondance : •*Cliona orientalis* (A5/+1), •*Dysidea herbacea* (A2/+1) 2 sp d'éponges diminuent d'abondance : •sp ind. (noire) (A2/- 1), •sp ind. (orange) (A1/- 1).
Ascidies	
☑	3 sp d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1), •*Polycarpa clavata* (A1/-1), •*Polycarpa nigricans* (A3/-1)
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°127 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST06B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	4	4	3	3	3	4	4	3	3
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	2	1	3	1	0	0	0	0	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	1	2	1	1	0	0	0	0	0
Holothurides	3	4	2	2	3	0	2	0	2
Spongiaires	6	6	3	3	3	4	5	5	5
Mollusques	9	5	4	7	2	1	1	1	1
Ascidies	7	7	7	8	2	2	2	3	2
Total	**37**	**35**	**29**	**31**	**16**	**14**	**17**	**15**	**16**

Tableau n°128 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST06B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**35.57**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 128).

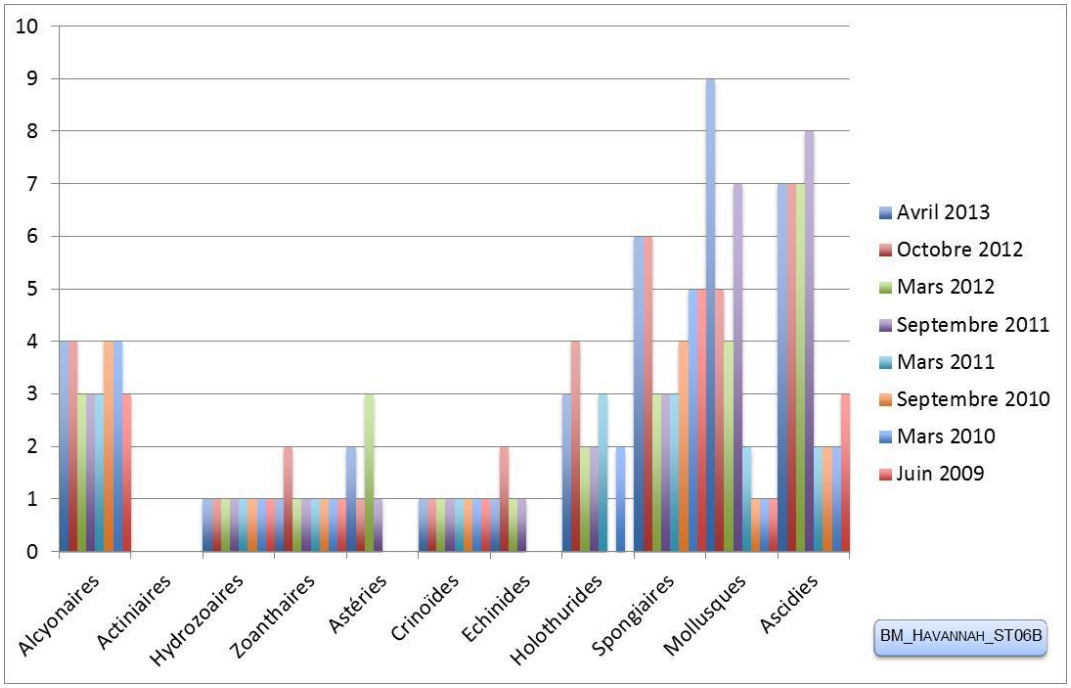


Figure n°76 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST06B)

4.6.2.3 Benthos Transect 06 C

4.6.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST06C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST06C est composée de 57 espèces coralliennes dont 52 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (encroûtant), 2 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires.

Les familles scléractiniaires (52 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (13 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Pectiniidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Acroporidae (4 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Dendrophylliidae (3 taxons), les Poritidae (3 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Caryophylliidae (1 taxon), les Merulinidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 21/52 espèces de scléractiniaires (40,4%).
Le blanchissement visuel est de 1,9% de la surface du couloir.

Tableau n°129 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST06C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
3 espèces : •*Leptoria phrygia* (A1), •*Lobophyllia corymbosa* (A1), •*Echinophyllia orpheensis* (A1).	3 espèces : •*Goniastrea australiensis* (A2/+ 1), •*Pectinia lactuca* (A2/+ 1), •*Pocillopora damicornis* (A2/+ 1).	21 espèces blanchies (40,4%) : ➢ 0 précédemment blanchie. ➢ 21 nouvellement blanchies (40,4%) : •*Acropora* (tabulaire) (B1, N), •*Montipora* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Leptoseris explanata* (B1, N), •*Pachyseris speciosa* (B1, N), •*Turbinaria mesenterina* (B1, N), •*Turbinaria peltata* (B1, N), •*Leptoria phrygia* (B1, N), •*Fungia horrida* (B1, N), •*Fungia* (B1, N), •*Sandalolitha robusta* (B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Lobophyllia corymbosa* (B1, N), •*Lobophyllia hemprichii* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Echinophyllia aspera* (B1, N), •*Mycedium elephantotus* (B1, N), •*Pectinia lactuca* (B1, N), •*Pocillopora damicornis* (B2, N), •*Seriatopora calendrium* (B1, N).•*Seriatopora histrix* (B1, N), •*Stylophora pistillata* (B1, N)..
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
23 espèces : •Gorgone ind.sp. (2spp./-1spp.A2/-0), •*Acropora* (branchu) (-2spp.A0/-2), •*Acropora* (tabulaire) (1spp./-1spp.A2/-0), •*Astreopora myriophthalma* (A0/-1), •*Montipora* spp. (3spp./-1spp.A2/-0), •*Gardineroseris planulata* (A0/-1), •*Leptoseris scabra* (A0/-1), •*Pavona clavus* (A0/-2), •*Pavona decussata* (A0/-1), •*Turbinaria reniformis* (A0/-1), •*Turbinaria stellulata* (A0/-1),	10 espèces : •*Cirripathes* sp. (A2/- 1), •*Millepora* (encroutant) (A1/- 1), •*Turbinaria mesenterina* (A1/- 1), •*Turbinaria peltata* (A1/- 1), •*Montastrea curta* (A1/- 1), •*Merulina ampliata* (A1/- 1), •*Lobophyllia hemprichii* (A1/- 1), •*Mycedium elephantotus* (A1/- 1), •*Seriatopora calendrium* (A1/- 1), •*Porites lobata* (A1/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

•*Echinopora gemmacea* (A0/-1), •*Favia maxima* (A0/-2), •*Favites chinensis* (A0/-2), •*Oulastrea crispata* (A0/-1), •*Oulophyllia crispa* (A0/-1), •*Cycloseris* sp. (A0/-1), •*Fungia granulosa* (A0/-1), •*Hydnophora exesa* (A0/-1), •*Hydnophora microconos* (A0/-2), •*Galaxea astreata* (A0/-2), •*Pocillopora meandrina* (A0/-2).		

Tableau n°130 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST06C)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	4	9	9	9	9	9	9	9	6
Agaraciidae	5	9	9	9	9	9	9	9	7
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Dendrophylliidae	3	5	6	6	5	5	5	3	3
Faviidae	13	17	19	20	20	17	17	16	15
Fungiidae	4	6	9	8	7	6	6	5	4
Merulinidae	1	3	3	3	3	3	3	3	2
Mussidae	5	4	5	5	5	5	5	5	5
Oculinidae	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	5	4	5	5	5	4	4	4	2
Pocilloporidae	5	6	7	6	5	5	5	5	4
Poritidae	3	3	3	3	3	3	3	2	1
Siderastreidae	2	2	1	2	2	2	2	1	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**52**	**71**	**79**	**79**	**76**	**71**	**71**	**65**	**52**

Tableau n°131 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST06C)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**8.75**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 131).

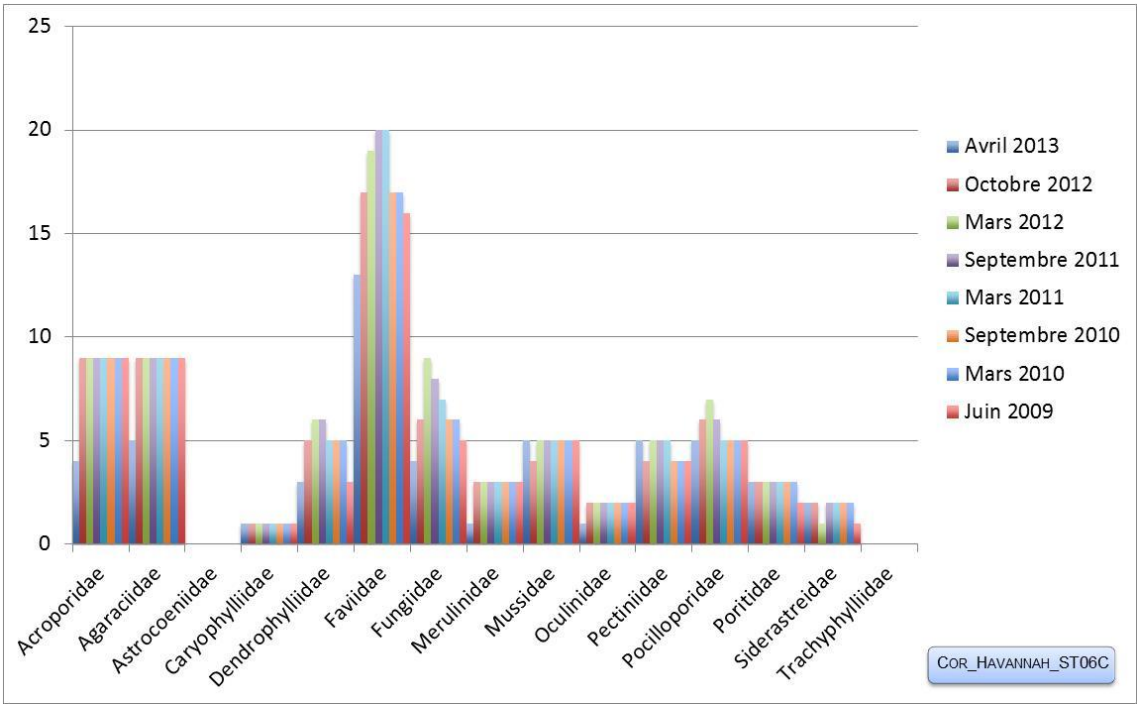


Figure n°77 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST06C)

4.6.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST06C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST06C est composée de 27 espèces d'invertébrés dont une espèce de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : holothurides (6 taxons), astéries (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies, et de 3 espèces de macrophytes : algues rouges (3 taxons) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°132 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST06C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 4 sp d'algues disparues, dont 2 brunes : •*Dictyota* sp. (A0/-2), •*Padina* sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-4) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, et l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2/- 3).
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A4).	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires : •*Dendronephthya* sp. (A0/-2)	☑
Échinodermes	
5 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Gomophia egyptiaca* (A1), •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les holothurides (3 espèces) : •*Bohadschia argus* (A1), •*Stichopus variegatus* (A1), •*Thelenota anax* (A1) Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les holothurides : •*Holothuria atra* (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A2/+1) ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria edulis* (A2/+1)

Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes : •*Pteristernia reincarnata* (A0/-1), •*Murex ramosus* (A0/-1), •*Astraea rhodostoma* (A0/-1)	☑
Éponges	
3 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Hamigera strongylata* (A1), •*Ptilocaulis fusiformis* (A1), •*Dysidea herbacea* (A2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •Spongiaires ind. (orange) (A1/- 1).
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum* sp. (blanche) (A0/-2), •*Polycarpa aurita* (A0/-2)	☑
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°133 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 (ST06C)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	4	5	4	4	3	4	4	3	2
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	2	0	2	2	0	0	1	1	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Holothurides	6	4	2	2	1	1	1	2	3
Spongiaires	7	4	3	3	3	3	4	3	3
Mollusques	1	4	3	2	1	1	1	1	2
Ascidies	3	5	7	8	2	2	2	3	2
Total	**28**	**27**	**27**	**27**	**13**	**14**	**16**	**16**	**15**

Tableau n°134 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST06C)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**23.66**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 134).

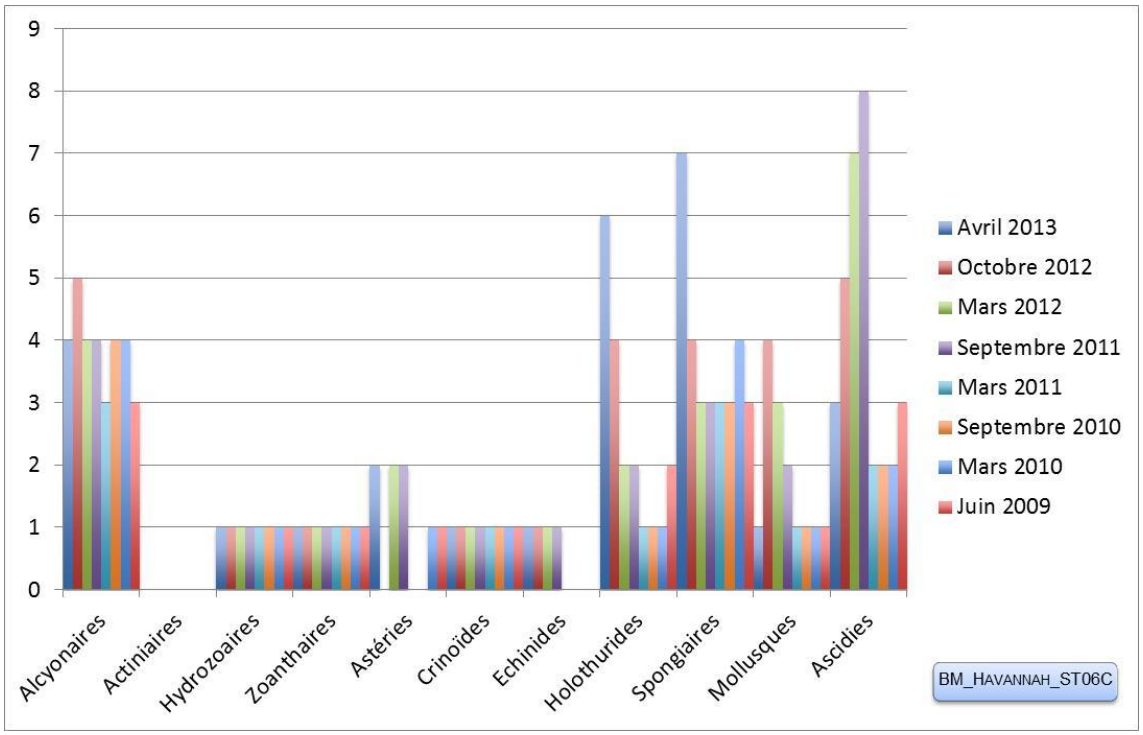


Figure n°78 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST06C)

4.6.3 Les poissons (ST06)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[9] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 135.

Tableau n°135 : Données sur les poissons (ST06)

Ionontea ST06		Transect			Transect			Transect			Station		
		A	A	A	B	B	B	C	C	C	Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus dussumieri*				3	0,03	8,59	5	0,03	16,88	2,67	0,02	8,49
Aca	*Acanthurus mata*				40	0,33	104,93	10	0,08	26,23	16,67	0,14	43,72
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilinus*							3	0,03	0,66	1,00	0,01	0,22
Aca	*Ctenochaetus striatus*	3	0,03	1,14				3	0,03	0,66	2,00	0,02	0,60
Aca	*Naso brevirostris*	15	0,11	36,83							5,00	0,04	12,28
Aca	*Naso lituratus*	2	0,03	8,59	1	0,01	4,30	15	0,09	80,39	6,00	0,04	31,09
Aca	*Naso unicornis*	5	0,04	39,30				3	0,02	37,59	2,67	0,02	25,63
Aca	*Prionurus maculatus*	4	0,05	70,40							1,33	0,02	23,47
Aca	*Zebrasoma scopas*	8	0,08	1,28	3	0,04	1,30				3,67	0,04	0,86
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	20	0,20	0,55							6,67	0,07	0,18
Ble	*Ecsenius bicolor*				1	0,01	0,01	1	0,01	0,01	0,67	0,01	0,00
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				1	0,01	0,06	1	0,01	0,06	0,67	0,01	0,04
Cae	*Caesio marri*							30	0,21	34,29	10,00	0,07	11,43
Cae	*Pterocaesio digramma*							30	0,21	34,29	10,00	0,07	11,43
Can	*Canthigaster valentini*				1	0,01	0,07	1	0,01	0,02	0,67	0,01	0,03
Car	*Caranx ignobilis*				1	0,00	91,67				0,33	0,00	30,56
Car	*Gnathanodon speciosus*				5	0,02	234,67	2	0,01	42,88	2,33	0,01	92,51
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,19							0,67	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon citrinellus*	4	0,05	0,24							1,33	0,02	0,08
Cha	*Chaetodon kleinii*	3	0,04	0,10							1,00	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon pelewensis*	1	0,01	0,06	2	0,03	0,19				1,00	0,01	0,08
Cha	*Chaetodon speculum*	1	0,01	0,09							0,33	0,00	0,03
Cha	*Chaetodon ulietensis*				3	0,04	0,83				1,00	0,01	0,28
Cha	*Chaetodon vagabundus*	2	0,03	0,40							0,67	0,01	0,13
Cha	*Forcipiger flavissimus*				2	0,03	1,06				0,67	0,01	0,35
Cha	*Heniochus chrysostomus*							2	0,03	4,00	0,67	0,01	1,33
Epi	*Cephalopholis miniata*							1	0,01	6,75	0,33	0,00	2,25
Epi	*Cephalopholis urodeta*	1	0,01	0,93				2	0,02	3,13	1,00	0,01	1,35
Epi	*Epinephelus cyanopodus*							2	0,01	22,78	0,67	0,00	7,59
Epi	*Epinephelus fasciatus*				1	0,01	3,91				0,33	0,00	1,30
Epi	*Epinephelus maculatus*							1	0,01	5,40	0,33	0,00	1,80
Epi	*Epinephelus malabaricus*							1	0,00	83,33	0,33	0,00	27,78
Epi	*Plectropomus laevis*							1	0,01	91,13	0,33	0,00	30,38
Epi	*Plectropomus leopardus*	2	0,02	55,00	5	0,04	118,84	10	0,06	156,25	5,67	0,04	110,03
Hae	*Diagramma pictum*							1	0,01	7,15	0,33	0,00	2,38
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*							1	0,01	10,67	0,33	0,00	3,56
Lab	*Bodianus perditio*							1	0,01	22,78	0,33	0,00	7,59
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	1,35							0,33	0,00	0,45
Lab	*Coris gaimard*				2	0,03	4,40				0,67	0,01	1,47
Lab	*Hemigymnus melapterus*							1	0,01	0,38	0,33	0,00	0,13
Lab	*Labroides dimidiatus*				5	0,05	0,13				1,67	0,02	0,04
Lab	*Thalassoma amblycephalum*	15	0,15	0,71							5,00	0,05	0,24
Lab	*Thalassoma hardwicke*	7	0,07	0,79							2,33	0,02	0,26
Lab	*Thalassoma lunare*	10	0,10	1,13							3,33	0,03	0,38
Lab	*Thalassoma lutescens*	20	0,20	2,25							6,67	0,07	0,75
Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	15	0,19	2,11							5,00	0,06	0,70
Let	*Monotaxis grandoculis*							4	0,03	60,75	1,33	0,01	20,25

[9] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Let	*Monotaxis heterodon*							1	0,01	16,00	0,33	0,00	5,33
Lut	*Lutjanus adetii*				100	0,71	366,43	30	0,13	52,14	43,33	0,28	139,52
Lut	*Lutjanus bohar*				1	0,00	2,48	1	0,01	2,97	0,67	0,00	1,82
Lut	*Lutjanus fulviflamma*							12	0,10	6,75	4,00	0,03	2,25
Lut	*Lutjanus fulvus*							4	0,03	5,33	1,33	0,01	1,78
Lut	*Lutjanus monostigma*							5	0,04	21,21	1,67	0,01	7,07
Lut	*Lutjanus russellii*							1	0,01	1,33	0,33	0,00	0,44
Lut	*Macolor niger*							5	0,03	15,00	1,67	0,01	5,00
Mul	*Parupeneus cyclostomus*	4	0,04	37,73							1,33	0,01	12,58
Mul	*Parupeneus multifasciatus*							4	0,04	29,82	1,33	0,01	9,94
Mul	*Parupeneus spilurus*	3	0,04	22,28							1,00	0,01	7,43
Nem	*Scolopsis bilineatus*							6	0,08	8,62	2,00	0,03	2,87
Poc	*Centropyge bicolor*	3	0,04	0,10	2	0,03	0,09	2	0,03	0,09	2,33	0,03	0,10
Poc	*Centropyge bispinosa*	4	0,05	0,14	3	0,05	0,14				2,33	0,03	0,09
Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,03	0,07							0,67	0,01	0,02
Poc	*Centropyge tibicen*	4	0,05	0,14	3	0,05	0,14	3	0,05	0,14	3,33	0,05	0,14
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*				1	0,01	16,00				0,33	0,00	5,33
Pom	*Amphiprion clarkii*	5	0,06	0,09							1,67	0,02	0,03
Pom	*Chromis fumea*				40	0,50	4,89				13,33	0,17	1,63
Pom	*Chromis iomelas*	20	0,25	0,35	50	0,63	0,80				23,33	0,29	0,38
Pom	*Chrysiptera rollandi*							10	0,13	0,07	3,33	0,04	0,02
Pom	*Chrysiptera taupou*	20	0,20	0,28	15	0,19	0,26				11,67	0,13	0,18
Pom	*Dascyllus reticulatus*	30	0,30	0,18	35	0,44	0,43	15	0,25	0,24	26,67	0,33	0,28
Pom	*Pomacentrus moluccensis*				10	0,13	0,16	10	0,13	0,16	6,67	0,08	0,11
Sca	*Chlorurus sordidus*	5	0,06	4,64							1,67	0,02	1,55
Sca	*Scarus globiceps*	2	0,03	4,40							0,67	0,01	1,47
Sca	*Scarus longipinnis*				2	0,02	12,43	2	0,02	14,91	1,33	0,01	9,11
Sca	*Scarus niger*	1	0,01	4,30							0,33	0,00	1,43
Sca	*Scarus rubroviolaceus*	2	0,03	14,85							0,67	0,01	4,95
Sca	*Scarus schlegeli*	1	0,01	4,30							0,33	0,00	1,43
Sco	*Scomberomorus commerson*				1	0,00	5,21	1	0,00	41,67	0,67	0,00	15,63
Sig	*Siganus corallinus*				2	0,03	1,69				0,67	0,01	0,56
Sig	*Siganus fuscescens*	20	0,25	12,08							6,67	0,08	4,03
Total		**267**	**2,89**	**329,37**	**341**	**3,47**	**986,06**	**244**	**2,05**	**964,89**	**284**	**2,80**	**760,11**
Biodiversité		**37**			**30**			**42**			**80**		
Indice de Shannon =		5,047											
Equitabilité =		0,798											

Sur l'ensemble des transects de la station, 852 individus appartenant à 80 espèces différentes (tableau 135) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.80 poissons/m² pour une biomasse de 760.11 g/m².
140 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 136).

Tableau n°136 : Liste des espèces complémentaires (ST06)

Ionontea ST06					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Epinephelus coioides*	Lut	*Lutjanus monostigma*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Lut	*Lutjanus russellii*
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Epinephelus fasciatus*	Lut	*Macolor niger*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Epi	*Epinephelus maculatus*	Mic	*Gunnellichthys viridescens*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilinus*	Epi	*Epinephelus malabaricus*	Mic	*Ptereleotris evides*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Epi	*Plectropomus laevis*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*
Aca	*Naso brevirostris*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*
Aca	*Naso lituratus*	Epi	*Variola louti*	Mul	*Parupeneus spilurus*
Aca	*Naso unicornis*	Fis	*Fistularia commersonii*	Mur	*Gymnothorax javanicus*
Aca	*Prionurus maculatus*	Hae	*Diagramma pictum*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Pin	*Parapercis hexophtalma*

Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Anampses femininus*	Pin	*Parapercis millepunctata*
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Centropyge bicolor*
Apo	*Archamia fucata*	Lab	*Bodianus diana*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Bodianus perditio*	Poc	*Centropyge flavissima*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Cirrhilabrus laboutei*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Bal	*Sufflamen bursa*	Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Cirrhilabrus scottorum*	Pom	*Chromis agilis*
Ble	*Atrosalarias fuscus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis amboinensis*
Ble	*Ecsenius bicolor*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chromis flavomaculata*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Coris pictoides*	Pom	*Chromis fumea*
Ble	*Plagiotremus laudandus*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis iomelas*
Cae	*Caesio marri*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis margaritifer*
Cae	*Pterocaesio digramma*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis ternatensis*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Car	*Caranx ignobilis*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Car	*Gnathanodon speciosus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Carc	*Triaenodon obesus*	Lab	*Labroides bicolor*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus chrysurus*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Labropsis xanthonota*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Sca	*Scarus dimidiatus*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus globiceps*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sca	*Scarus longipinnis*
Cha	*Forcipiger flavissimus*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Heniochus chrysostomus*	Let	*Monotaxis heterodon*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cir	*Cirrhichthys forsteri*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lut	*Lutjanus adetii*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Epi	*Cephalopholis argus*	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	Sig	*Siganus corallinus*
Epi	*Cephalopholis miniata*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sig	*Siganus fuscescens*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Cromileptes altivelis*	Lut	*Lutjanus fulvus*		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 137 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 79.

Tableau n°137 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST06)

Familles	Ionontea ST06									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	6	8	6	5	4	8	5	7	10	**9**
Anthiinidae	2	2		1	2	1	1	2	1	**1**
Blenniidae					1	1	2		1	**2**
Caesionidae			1	1		1	1			**2**
Canthigasteridae						1		1	1	**1**
Carangidae				4						**2**
Chaetodontidae	5	3	4	3	3	4	9	7	6	**9**

Epinephelinae	5	4	5	5	2	4	4	3	3	**8**
Haemulidae		1	2	1	1		1		1	**2**
Labridae	5	8	1	7	7	10	7	11	9	**10**
Lethrinidae	1		1	1	2	4	1			**2**
Lutjanidae	2		3	2		1	1		2	**7**
Mullidae	1	1		1	3	2	2		1	**3**
Nemipteridae	1	1		1	1	1	1	1	1	**1**
Pomacanthidae	6	4	2	2	3	3	4	4	5	**5**
Pomacentridae	5	4	3	4	5	5	2	5	6	**7**
Ptereleotridae	1	1								
Scaridae	4	3	3	4	3	4	3	1	6	**6**
Scombridae				1		1				**1**
Siganidae	1	1		1		1	2	1		**2**
Total espèces	**45**	**41**	**31**	**44**	**37**	**50**	**46**	**43**	**53**	**80**
Total familles	**14**	**13**	**11**	**17**	**13**	**16**	**16**	**11**	**14**	**19**

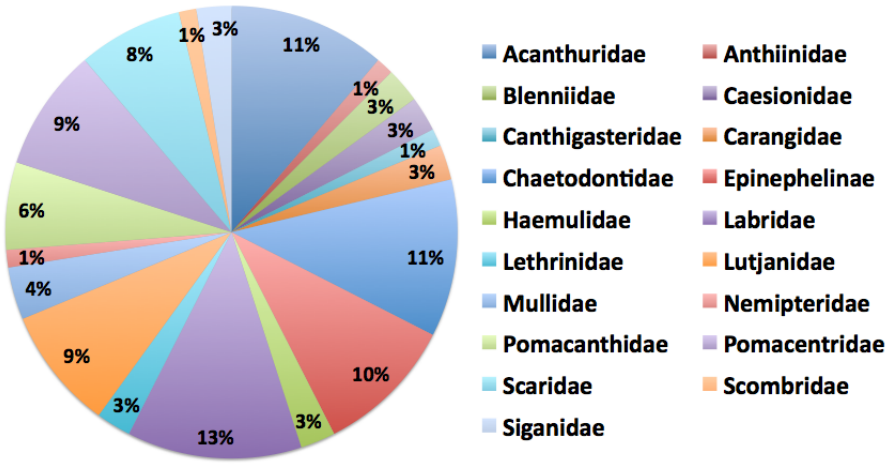


Figure n°79 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST06)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 138), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°138 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST06)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
134,320	171	210,89	19/20

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 139 et la figure 80.

Tableau n°139 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06)

Ionontea ST06		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	267	2,89	329,37			
	Transect B	341	3,47	986,06			
	Transect C	244	2,05	964,89			
	Moy. ABC	284,00	2,80	760,11	80	97	140
2012 b	Moy. ABC	142,33	1,64	151,8	44	93	125
2012 a	Moy. ABC	142,33	1,64	151,8	44	93	125
2011 b	Moy. ABC	62,33	0,75	76,87	46	88	124
2011 a	Moy. ABC	178,30	2,23	687,67	51	75	102
2010 b	Moy. ABC	190	1,91	92,96	37	58	81
2010 a	Moy. ABC	76,00	2,05	487,76	44	71	94
2009	Moy. ABC	27,00	1,17	226,52	31	33	81
2008	Moy. ABC	43,67	2,99	385,65	41	54	67
2007	Moy. ABC	42,67	2,45	1322,4	45	51	60

Les 3 premiers paramètres présentent d'importantes variations. Les paramètres de biodiversité sont plus stables, bien que cette fois ci, nombre d'espèces de la station étaient sur la zone des transects, accroissant ainsi la Biodiv.1 à une valeur exceptionnelle.
Sur cette station également, la biodiversité semble en progression depuis 2007.

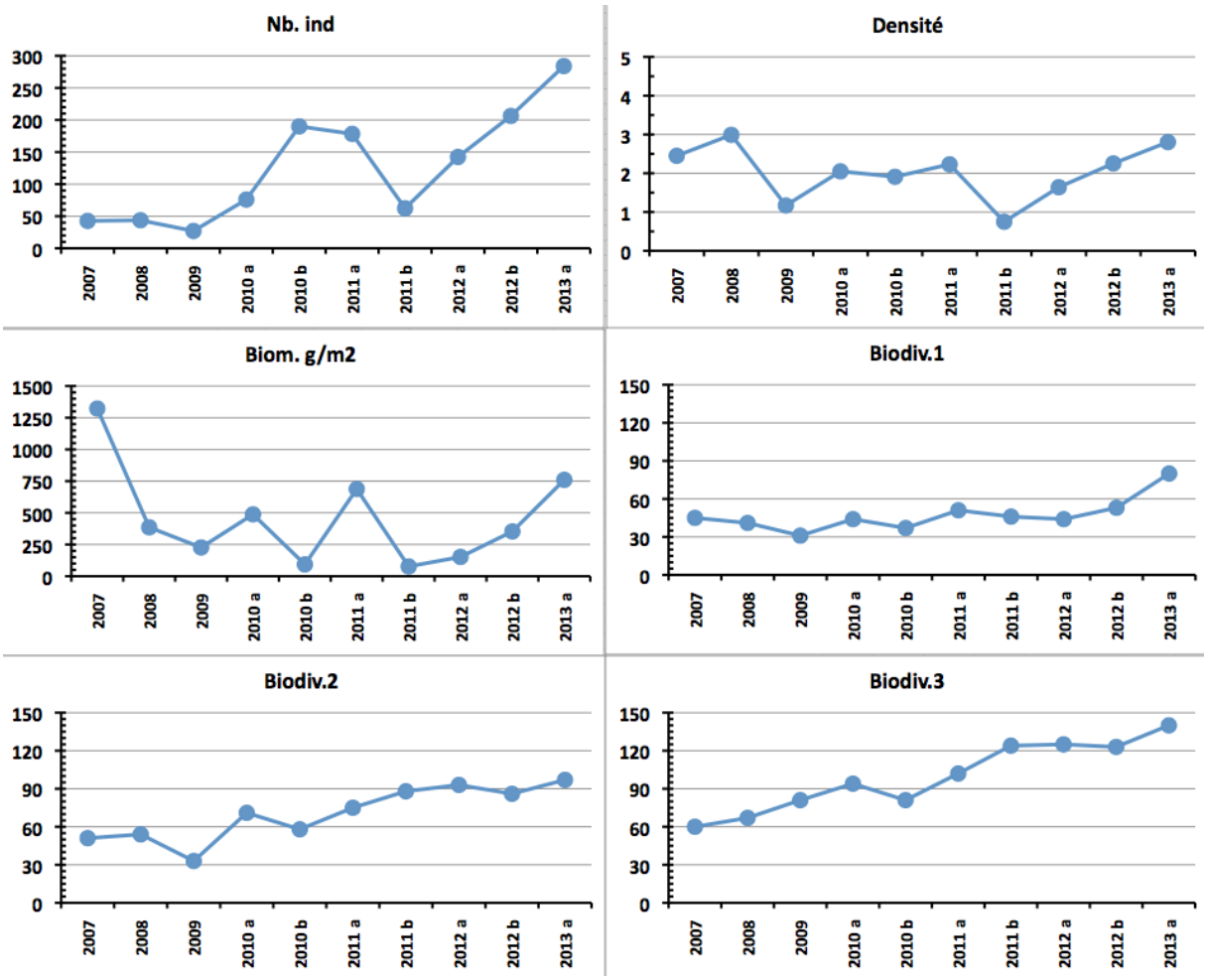


Figure n°80 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 140 et représentation figure 81.

Tableau n°140 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	7 621,38	0,48	14 8230,38	172,84	443,38	753,34
Coef. de Var.	0,70	0,34	0,85	0,28	0,30	0,28

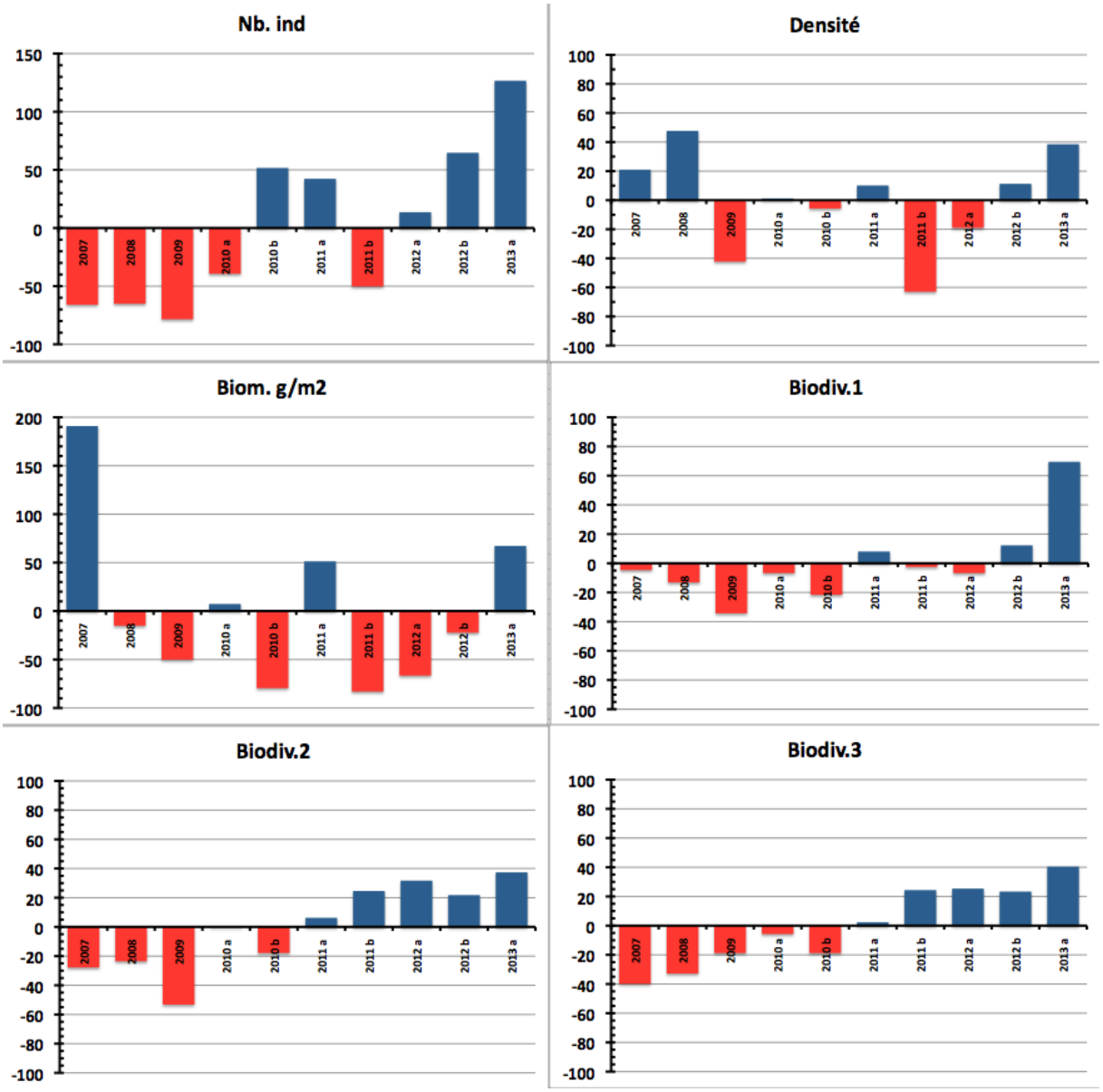


Figure n°81 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

4.7 Station 07 = Basse Chambeyron

Localisation géographique	Dans la partie ouest du récif ennoyé de Basse Chambeyron. C'est un banc isolé, totalement ennoyé (cf. photographie 20) et qui subit les forts courants de marée et l'assaut des trains de houle. Aucun abri n'est possible.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés aux profondeurs de 7, 17 et 22 mètres, avec une orientation du nord-est vers le sud-ouest.
	Ils se placent depuis la rupture du tombant récifal jusqu'à la pente sédimentaire (zone d'accumulation de débris et de roche). Cette pente est d'environ 40°.

Description générale

Le haut du plateau est soumis à de violents ressacs et courants : la majeure partie du banc est arasée et les quelques scléractiniaires qui s'y maintiennent développent des morphoses robustes.

Sur le dessus du banc (3-5 mètres), la plupart des espèces adaptées au ressac n'ont pas été détruites et sont encore en place. Leur taux de recouvrement est d'environ 10-15 %. Juste avant la rupture de pente (5 à 7 mètres) on trouve une zone d'*Acropora* branchu (*Acropora* cf. *formosa*) monospécifique, qui résistait paradoxalement depuis plusieurs années mais qui à été très dégradée lors des événements cycloniques du début d'année 2011. Au delà de 6-7 mètres, la pente est inclinée à 40°, la zone présente des séquelles de dégradations mécaniques (tempêtes et cyclones) comme l'atteste un nombre conséquent de roches et de débris coralliens de tailles variées. Par le phénomène d'avalanches, les grosses colonies fixées à l'origine vers 6-7 mètres (gros *Acropora* tabulaires, *Porites* massifs, …) ont été arrachées, détruisant les organismes fixés sur leur passage.

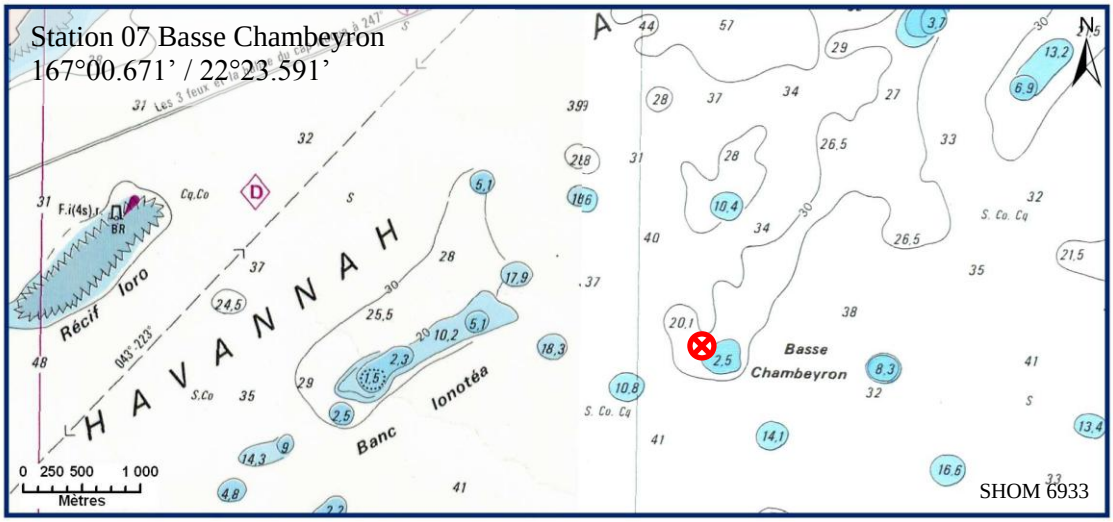
Caractéristiques principales

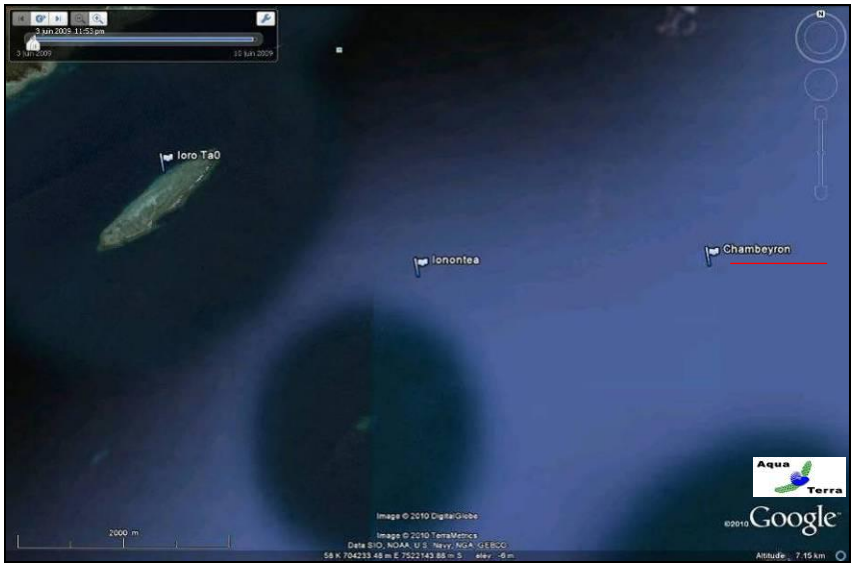
- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) et taille relativement petite des colonies
- Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des communautés benthiques au transect A et accumulation de débris coralliens et de roches pour les autres transects B&C
- La station présente de nombreuses zones d'accumulation de débris et de coraux tabulaire retournés (conditions hydrodynamiques exceptionnelles). Couloir d'effondrement de part et d'autre des transects et en bas de pente récifale (mortalité corallienne importante)
- Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants
- Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques
- Richesse spécifique et abondance des macrophytes qui varient selon les saisons
- Prédation potentielle (observations régulières) des mollusques (*Drupella cornus*) sur quelques coraux tabulaires au transect B
- Les crinoïdes privilégient également ce type de biotope balayé par les courants de marée

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- Richesse spécifique des coraux a diminué sur l'ensemble de la station (mortalité localisée principalement au transect C).
- Quelques petites colonies s'édifient mais le recrutement corallien est difficile car de nombreux débris jonchent le substrat et ne sont pas stables
- Les algues rouges montrent des variations saisonnières importantes (*Asparagopsis* et *Trichogloea*)
- **Le blanchissement corallien affecte 22/86** espèces de scléractiniaires (25.6%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (1.3% de la surface totale observée)
- **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaire, au transect B
- Présence rare de *Blastomussa wellsi* au transect B
- **Recouvrement important des cyanobactéries en B&C**
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions

- Les échinodermes et les gastéropodes apprécient les phases d'effondrement de nouveaux débris coralliens pour se nourrir
- **Présence d'un spécimen de *Charonia tritonis* (toutoute) au transect A**
- **Compétition spatiale des *Cliones*** en B&C qui colonisent les substrats durs comme les coraux vivants
- Aucun spécimen de *Drupella cornus* (mollusques corallivores) n'a été recensé sur des colonies coralliennes





Carte n°9 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron)



Photo n°20 : Position en surface (ST07)

4.7.1 Le substrat (ST07)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 82 pour le transect A, dans la figure 83 pour le transect B et dans la figure 84 pour le transect C.

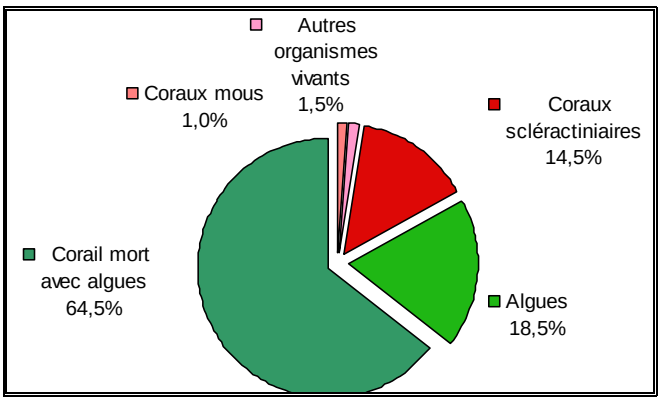


Figure n°82 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A

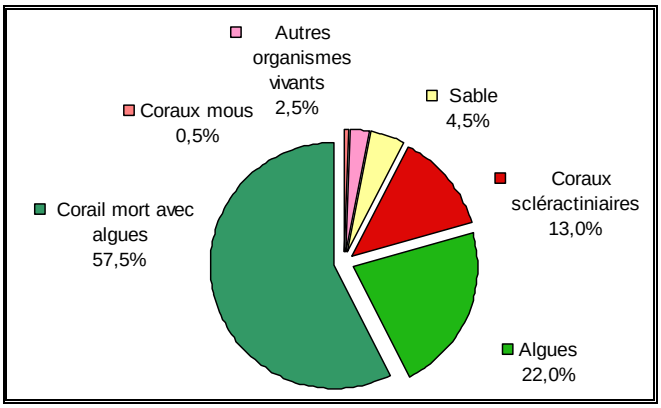


Figure n°83 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B

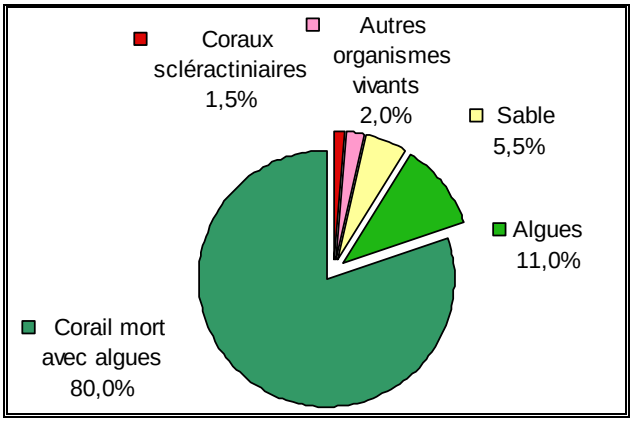


Figure n°84 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C

Cette station a un substrat qui est très biotique (notamment au 1er transect : 100%, puis 95.5% et 94.5%). Cela est dû en partie aux coraux morts - et aux débris, classés alors dans cette catégorie - recouverts d'algues et particulièrement d'algues calcaires encroûtantes, ainsi qu'aux algues en elles-mêmes.
Les coraux scléractiniaires sont faiblement représentés (respectivement 14.5%, 13% et 1.5%).
A noter : la réapparition des cyanobactéries avec 7% au transect B et 2% en C.

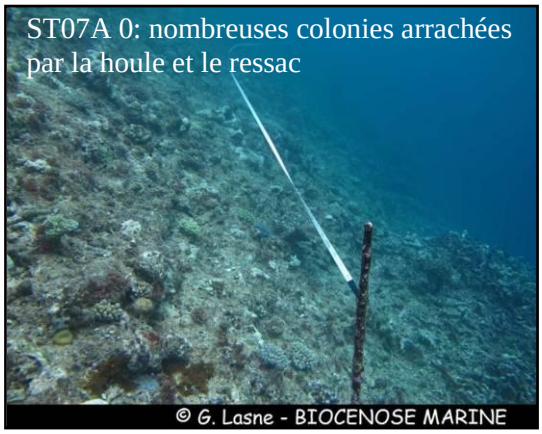
La station est globalement stable.

4.7.2 Le benthos (ST07)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

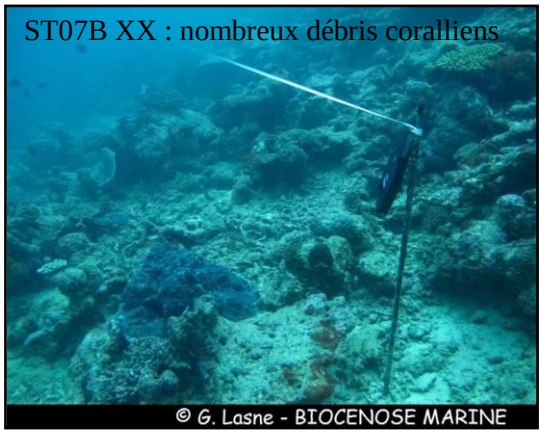
En avril 2013, la richesse spécifique de la station Basse Chambeyron (ST07) est composée de 91 espèces coralliennes, de 46 espèces d'invertébrés, de 5 espèces de macrophytes et d'une espèce de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **91 espèces coralliennes** (dont 86 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), une espèce de gorgone, 2 espèces d'antipathaires).
  Les familles scléractiniaires (86 taxons au sein de 12 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (21 taxons), les Acroporidae (19 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Pocilloporidae (7 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (5 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Pectiniidae (4 taxons), les Merulinidae (3 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 22/86 espèces de scléractiniaires (25,6%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 1,3% de la surface totale observée.
- **46 espèces d'invertébrés** dont 14 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), échinidés (3 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies.
- **5 espèces de macrophytes** : algues brunes (3 taxons), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon).
- **1 espèce de cyanobactéries**.





Deux couloirs d'effondrement de débris se déversent de part et d'autre de la station



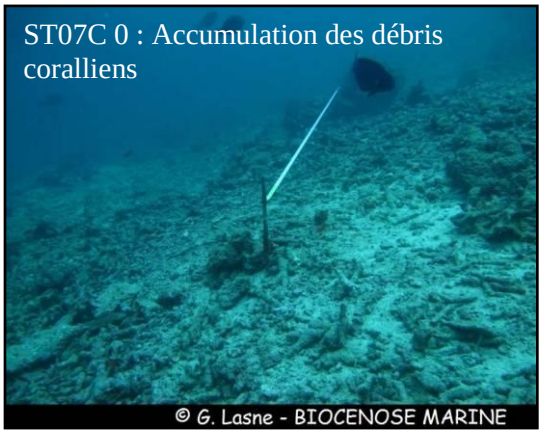


Photo n°21 : Vue d'ensemble des transects (ST07)

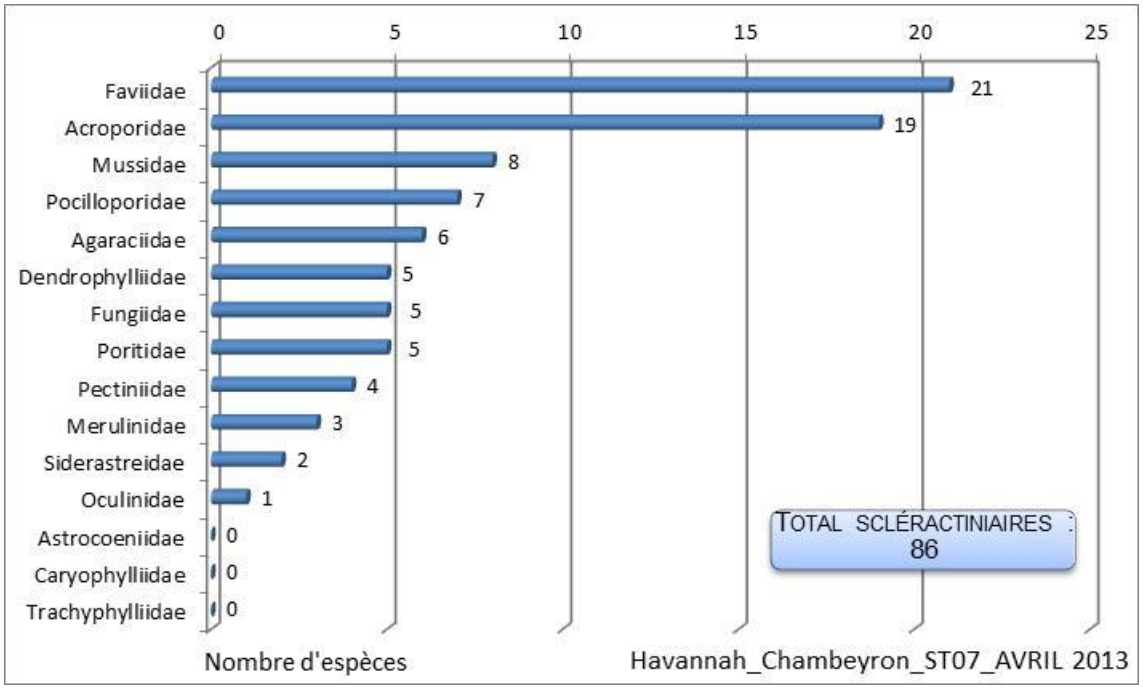


Figure n°85 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST07)

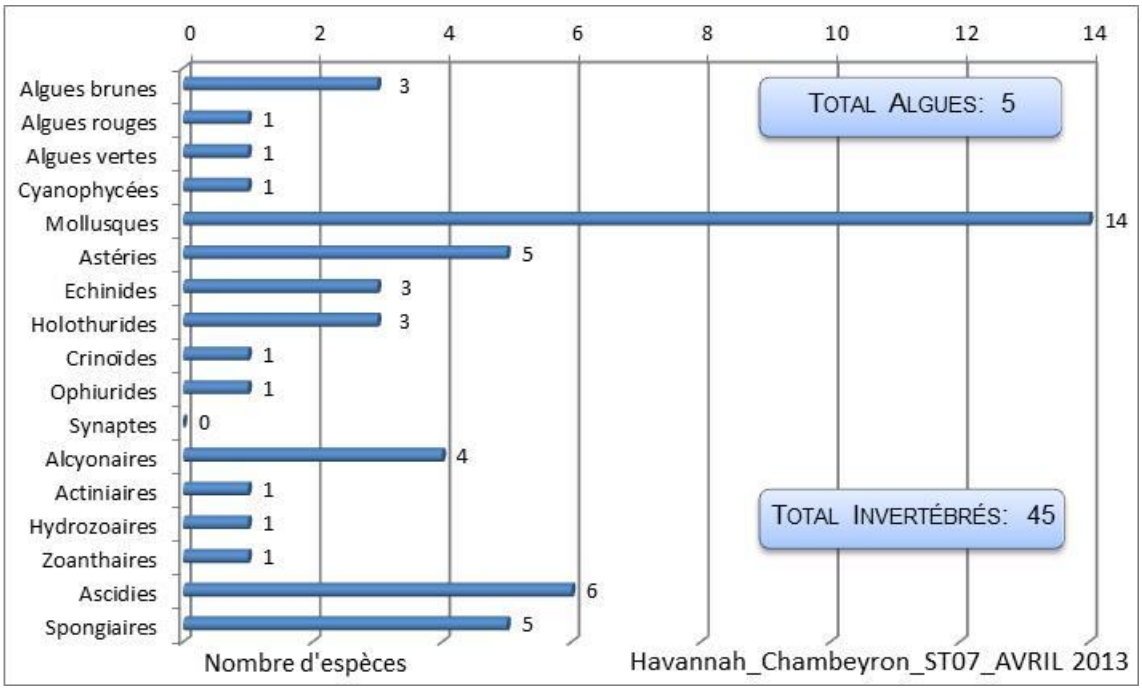


Figure n°86 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)

4.7.2.1 Benthos Transect 07 A

4.7.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST07A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST07A est composée de 54 espèces coralliennes dont 53 espèces de scléractiniaires et une espèce de gorgone.

Les familles scléractiniaires (53 taxons au sein de 9 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (16 taxons), les Faviidae (15 taxons), les Mussidae (6 taxons), les

Pocilloporidae (6 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Dendrophylliidae (3 taxons), les Agaraciidae (1 taxon), les Merulinidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Fungiidae, des Pectiniidae, des Siderastreidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 7/53 espèces de scléractiniaires (13,2%).
Le blanchissement visuel est de 0,8% de la surface du couloir.

Tableau n°141 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST07A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
2 espèces : •*Cyphastrea serailia* (A1), •*Favia* spp. (2spp./+1spp.) (A2).	3 espèces : •*Goniastrea australiensis* (A2/+ 1), •*Acanthastrea echinata* (A2/+ 1), •*Galaxea fascicularis* (A3/+ 1).	7 espèces blanchies (13, 2%) : ➢ 0 précédemment blanchie. ➢ 7 nouvellement blanchies (13,2%) : •*Acropora formosa* (B1, N), •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2, N), •*Pocillopora meandrina* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
4 espèces : •*Cyphastrea* sp. (A0/-1), •*Montastrea* sp. (A0/-1), •*Fungia* spp. (A0/-1), •*Merulina ampliata* (A0/-1).	2 espèces : •*Pocillopora damicornis* (A2/- 1), •*Pocillopora meandrina* (A2/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°142 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST07A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	16	16	13	13	13	16	16	15	11
Agaraciidae	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	3	3	3	1	1	1	1	1	2
Faviidae	15	15	14	15	15	15	15	14	15
Fungiidae	0	1	1	2	2	2	1	1	1
Merulinidae	1	2	2	2	2	2	2	2	1
Mussidae	6	6	6	6	7	7	6	5	5
Oculinidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pectiniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pocilloporidae	6	6	6	6	6	6	6	5	6
Poritidae	4	4	3	3	2	2	2	1	1
Siderastreidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**53**	**55**	**50**	**50**	**50**	**53**	**51**	**46**	**45**

Tableau n°143 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 »

(ST07A)

Degré de liberté	ddl	63
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**11.24**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 143).

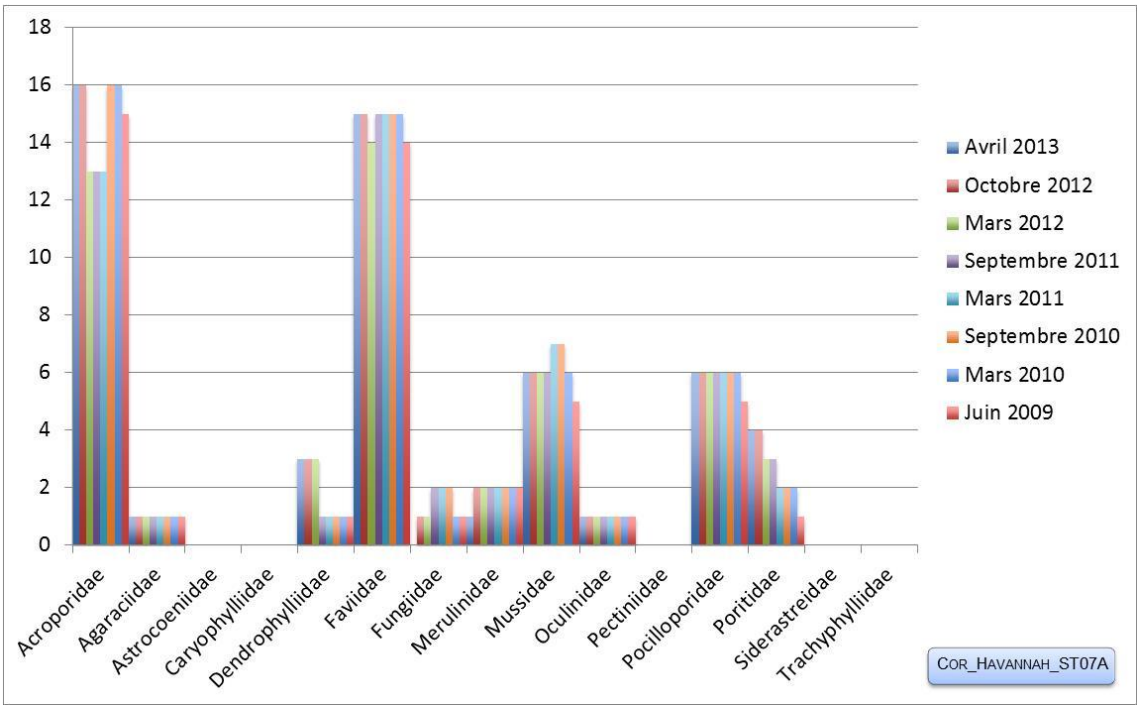


Figure n°87 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST07A)

4.7.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST07A est composée de 26 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinidés (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies et d'une espèce d'algues. Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°144 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST07A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont 2 rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-3), •*Trichogloea requienii* (A0/-3).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
1 espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2)	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires : *Sinularia* sp. (A2), •*Xenia* sp. (A2)	☑

Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (3 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A2), •*Linckia multifora* (A2), •*Nardoa gomophia* (A2) ; ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Echinostrephus aciculatus* (A1) 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 sp) : •*Linckia laevigata* (A0/-1) ➢ pour les holothurides (-1 sp) : •*Holothuria atra* (A0/-1)	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A1/- 1).
Mollusques	
8 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (3 sp) : •*Pleuroploca filamentosa* (A1), •*Tridacna maxima* (A1), •*Tridacna squamosa* (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (5 sp) : •*Conus miles* (A1), •*Charonia tritonis* (A1), •*Latirolagena smaragdula* (A2), •*Pteristernia reincarnata* (A1).	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°145 : *Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST07A)*

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	2	0	2	2	1	3	4	3	3
Actiniaires	1	1	2	1	1	1	1	0	0
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Astéries	3	1	2	2	0	0	0	0	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Holothurides	0	1	0	0	1	1	0	0	0
Spongiaires	3	3	2	2	2	5	5	5	5
Mollusques	8	0	3	3	1	1	1	1	2
Ascidies	3	3	2	0	0	3	3	2	3
Total	**27**	**15**	**18**	**15**	**8**	**17**	**17**	**14**	**16**

Tableau n°146 : *Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST07A)*

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**47.58**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 146).

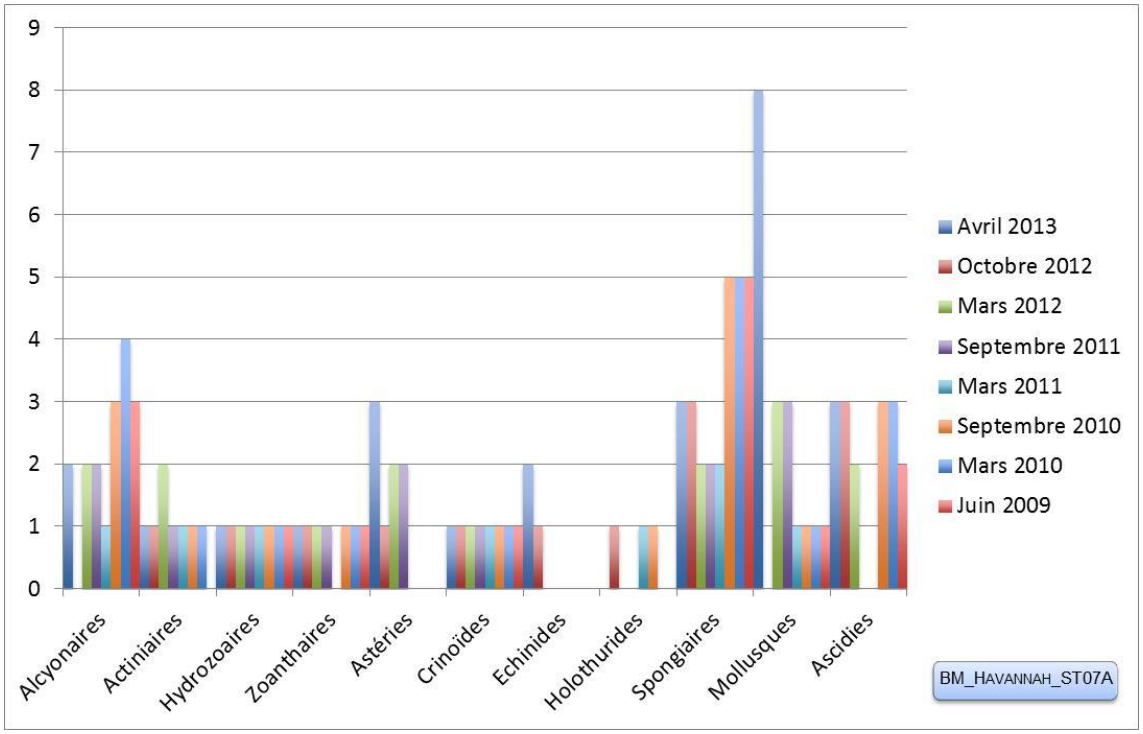


Figure n°88 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST07A)

4.7.2.2 Benthos Transect 07 B

4.7.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST07B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST07B est composée de 70 espèces coralliennes dont 66 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), une espèce de gorgone, une espèce d'antipathaire.

Les familles scléractiniaires (66 taxons au sein de 12 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (12 taxons), les Acroporidae (11 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Pocilloporidae (7 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Pectiniidae (4 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Merulinidae (2 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 20/66 espèces de scléractiniaires (30,3%).
Le blanchissement visuel est de 2,3% de la surface du couloir.

Tableau n°147 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST07B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
3 espèces : •*Cirripathes* sp. (A1), •*Favia* spp. (2spp./+1spp.) (A2), •*Blastomussa wellsi* (A1).	Aucune	20 espèces blanchies (30, 3%) : ➢ 0 précédemment blanchie. ➢ 20 nouvellement blanchies (30, 3%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2, N), •*Astreopora gracilis* (B1, N), •*Montipora* spp. (2spp.B*, B1, N), •*Pachyseris speciosa* (B1, N),

		•*Pavona maldivensis* (B1, N), •*Turbinaria mesenterina* (B1, N), •*Barabattoia amicorum* (B1, N), •*Montastrea curta* (B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Lobophyllia corymbosa* (B1, N), •*Mycedium elephantotus* (B1, N), •*Pocillopora meandrina* (B1, N), •*Pocillopora verrucosa* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N), •*Stylophora pistillata* (B1, N), •*Porites* sp. (B1, N)
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
3 espèces : •Gorgone ind.sp. (1spp./-1spp.A2/-0), •*Turbinaria radicalis (*A0/-1), •*Oulophyllia crispa (*A0/-1).	Une seule espèce : •*Millepora (*branchu) (A1/- 1)	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°148 : *Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST07B)*

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	11	11	9	8	7	7	7	7	6
Agaraciidae	6	6	9	7	7	7	7	6	3
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	0	0	2	1	0	0	0	0	0
Dendrophylliidae	4	5	4	4	4	4	4	4	3
Faviidae	12	12	14	14	14	14	14	14	14
Fungiidae	5	5	5	4	2	3	2	2	2
Merulinidae	2	2	3	3	4	4	4	4	3
Mussidae	8	7	8	9	8	8	6	6	6
Oculinidae	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Pectiniidae	4	4	4	3	4	4	3	3	1
Pocilloporidae	7	7	7	6	6	6	6	6	6
Poritidae	4	4	4	4	4	4	4	4	3
Siderastreidae	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**66**	**66**	**71**	**65**	**63**	**64**	**60**	**59**	**50**

Tableau n°149 : *Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST07B)*

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**22.51**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 149).

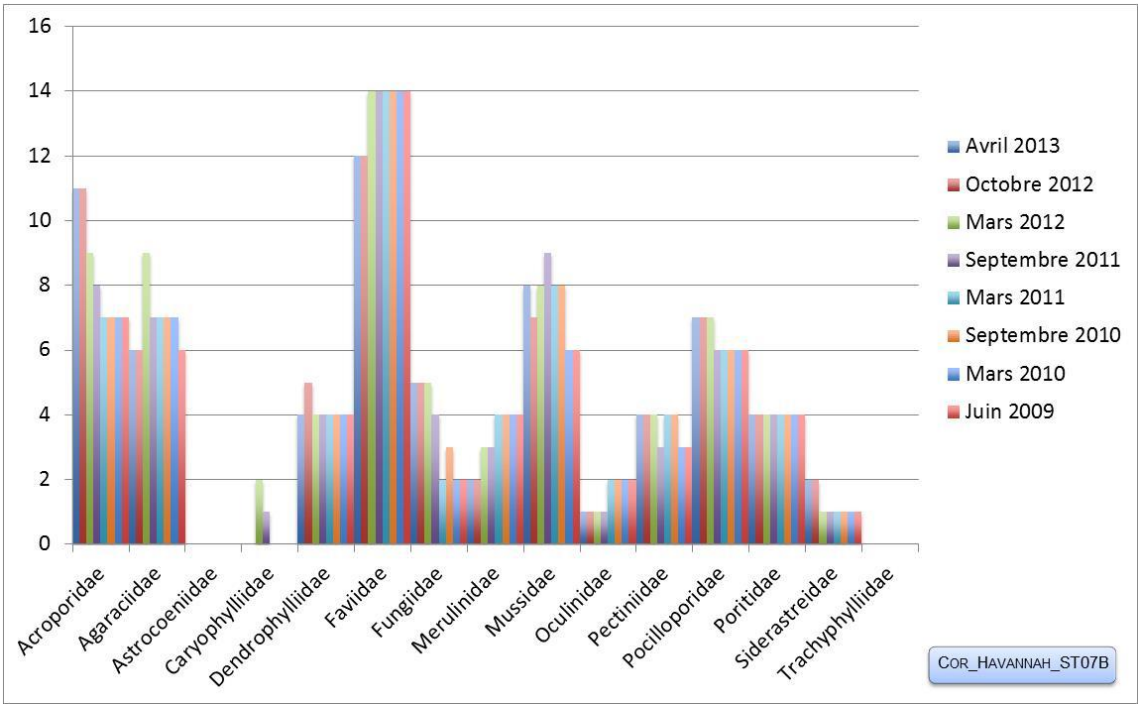


Figure n°89 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST07B)

4.7.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST07B est composée de 32 espèces d'invertébrés dont 7 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinidés (2 taxons), holothurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies, et de 3 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°150 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST07B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Padina* sp. (A0/-2), l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-3) et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue : l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2/- 1).
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A3).	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 sp) : •sp ind. (A2/- 1).
Échinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 sp) :•*Gomophia egyptiaca* (A2), •*Linckia multifora* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria edulis* (A1) 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les holothurides (-2 sp) : •*Actinopyga flammea* (A0/-1), •*Thelenota ananas* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A2/+ 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 sp) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A2/+ 1). 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 sp) : •sp ind. (A2/- 1) ;

	➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria atra* (A1/-1)
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (2 sp) : •*Hyotissa hyotis* (A2), •*Spondylus* sp. (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (1 sp) : •*Coralliophila violacea* (A2)	☑
Éponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Dysidea herbacea* (A1), *Leucetta chagosensis* (A1).	☑
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°151 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST07B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	2	2	3	4	4	5	5	5	3
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	3	1	1	1	1	0	0	2	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	2	2	1	1	1	1	0	0	0
Holothurides	2	3	1	1	3	2	1	1	2
Spongiaires	5	3	3	3	3	3	4	5	5
Mollusques	7	4	8	7	3	2	3	4	3
Ascidies	6	6	7	7	2	3	3	3	2
Total	**33**	**27**	**29**	**29**	**21**	**20**	**20**	**24**	**18**

Tableau n°152 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST07B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**26,27**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 152).

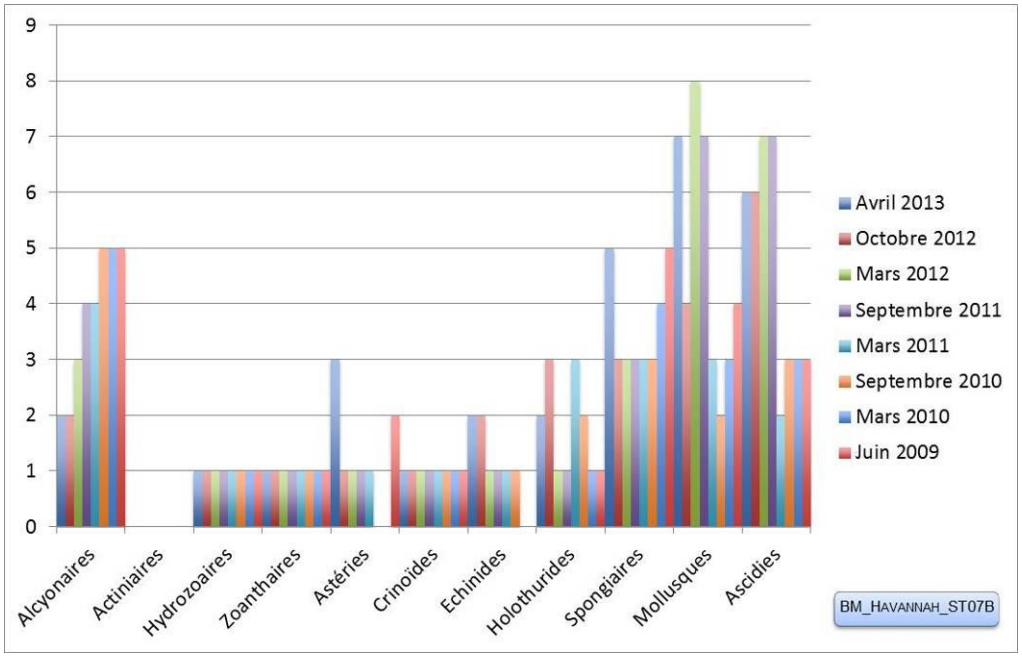


Figure n°90 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST07B)

4.7.2.3 Benthos Transect 07 C

4.7.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST07C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST07C est composée de 41 espèces coralliennes dont 39 espèces de scléractiniaires et 2 espèces d'antipathaires.

Les familles scléractiniaires (39 taxons au sein de 11 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (9 taxons), les Acroporidae (6 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Agaraciidae (4 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Mussidae (4 taxons), les Poritidae (3 taxons), les Dendrophylliidae (1 taxon), les Merulinidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon), les Pectiniidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Siderastreidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 5/39 espèces de scléractiniaires (12,8%).
Le blanchissement visuel est de 0,8% de la surface du couloir.

Tableau n°153 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST07C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
Aucune espèce.	Une seule espèce : •*Montastrea curta (*A2/+ 1)	5 espèces blanchies (12,8%) : ➢ 0 précédemment blanchie. ➢ 5 nouvellement blanchies (12,8%) : •*Acropora (*branchu) (2spp.B*, B1, N), •*Acropora (*tabulaire) (B1, N), •*Montastrea curta* (B1,N), •*Porites lobata* (B1,N)
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
10 espèces : •Gorgone ind.sp. (A0/-2), •*Astreopora gracilis (*A0/-1), •*Isopora palifera (*A0/-1),	Aucune	Pas d'espèce précédemment blanchie.

•*Leptoseris explanata* (A0/-1), •*Turbinaria mesenterina* (A0/-2), •*Turbinaria reniformis* (A0/-1), •*Leptastrea inaequalis* (A0/-1), •*Leptastrea purpurea* (A0/-1), •*Cycloseris* sp. (A0/-1), •*Symphyllia* sp. (A0/-1).		

Tableau n°154 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST07C)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	6	8	7	7	8	8	8	8	7
Agaraciidae	4	5	3	5	6	4	3	3	4
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	1	3	2	2	2	2	2	2	2
Faviidae	9	11	9	10	10	10	10	12	10
Fungiidae	4	5	2	2	3	4	4	4	5
Merulinidae	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Mussidae	4	5	6	5	4	4	4	3	2
Oculinidae	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Pectiniidae	1	1	3	3	2	2	2	4	4
Pocilloporidae	5	5	3	3	3	3	3	4	2
Poritidae	3	3	2	2	2	2	2	3	3
Siderastreidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**39**	**48**	**39**	**40**	**41**	**40**	**39**	**45**	**40**

Tableau n°155 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST07C)

Degré de liberté	ddl	70
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**17.49**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 155).

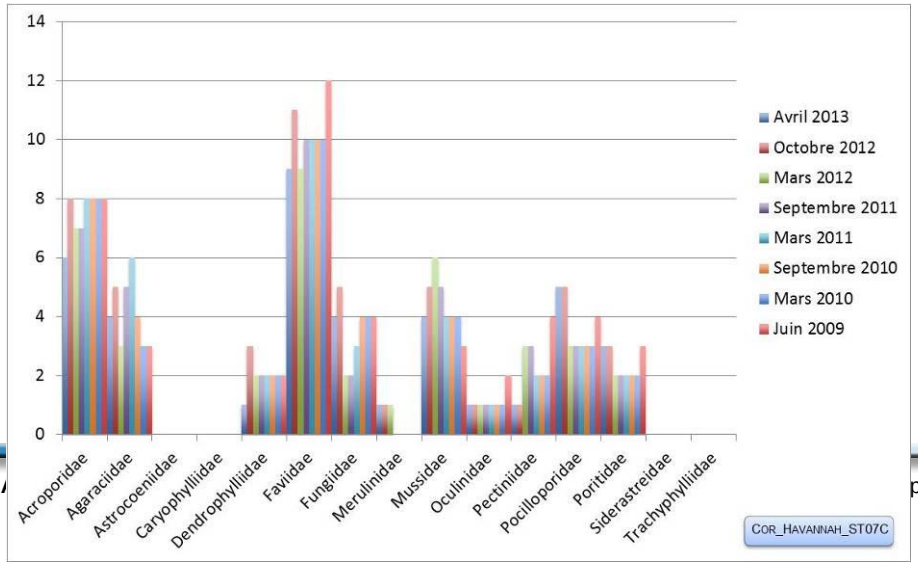


Figure n°91 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST07C)

4.7.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST07C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST07C est composée de 25 espèces d'invertébrés dont 3 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies, et de 2 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°156 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST07C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2) /3 espèces disparues, dont 2 algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-2), •*Trichogloea requienii* (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A3/+ 1).
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires : •Hydrozoaires ind. (A1/-1)
Échinodermes	
6 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (4 sp) :•*Celerina heffernani* (A1), •*Fromia indica* (A1), •*Gomophia egyptiaca* (A2), •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Holothuria edulis* (A1), •*Thelenota ananas* (A1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes : •*Coralliophila violacea* (A1)	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •sp ind. (beige, lamelle) (A0/-2)	☑
Ascidies	
/	/
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°157 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST07C)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Actiniaires	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	4	0	3	3	0	0	1	2	1
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Holothurides	3	1	2	2	2	2	1	1	1
Spongiaires	3	4	4	4	4	4	6	6	6
Mollusques	3	2	3	4	2	3	2	3	2
Ascidies	5	5	7	7	2	3	3	3	3
Total	**26**	**20**	**27**	**30**	**19**	**19**	**22**	**23**	**20**

Tableau n°158 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST07C)

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**25.92**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 158).

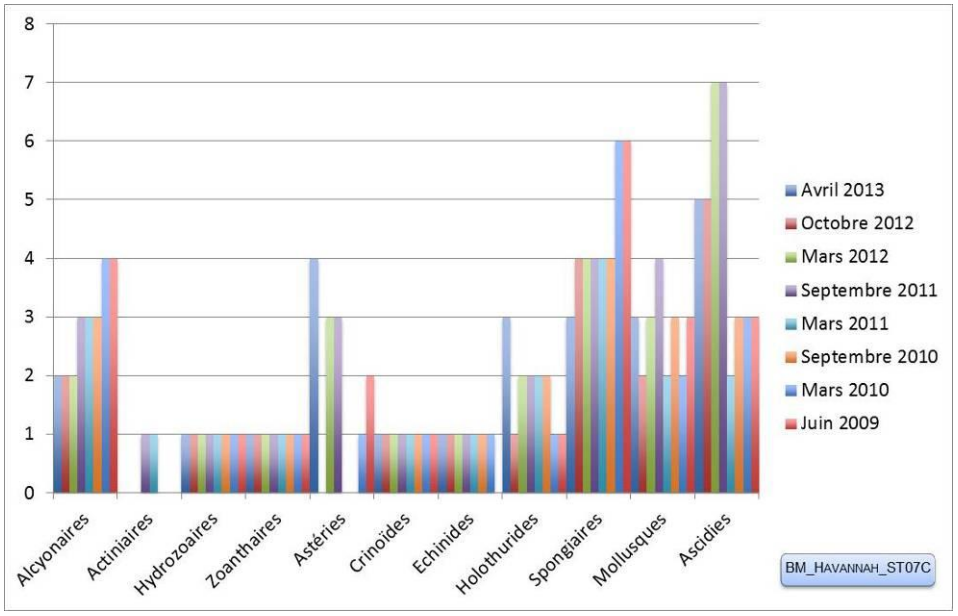


Figure n°92 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST07C)

4.7.3 Les poissons (ST07)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[10] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 159.

Tableau n°159 : Données sur les poissons (ST07)

Basse Chambeyron ST07		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus dussumieri*				3	0,02	14,49	3	0,02	26,55	2,00	0,01	13,68
Aca	*Acanthurus mata*							25	0,18	33,00	8,33	0,06	11,00
Aca	*Acanthurus pyroferus*				1	0,01	4,83				0,33	0,00	1,61
Aca	*Ctenochaetus striatus*	3	0,04	1,03	2	0,03	0,68				1,67	0,02	0,57
Aca	*Naso maculatus*							5	0,03	58,29	1,67	0,01	19,43
Aca	*Naso tonganus*							5	0,03	51,81	1,67	0,01	17,27
Aca	*Naso unicornis*							2	0,01	26,65	0,67	0,00	8,88
Aca	*Naso vlamingii*							7	0,04	81,60	2,33	0,01	27,20
Aca	*Zebrasoma scopas*	2	0,03	0,72							0,67	0,01	0,24
Cae	*Pterocaesio pisang*							30	0,19	22,50	10,00	0,06	7,50
Can	*Canthigaster valentini*							1	0,01	0,02	0,33	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon kleinii*	3	0,04	0,16							1,00	0,01	0,05
Cha	*Chaetodon lineolatus*				2	0,03	7,81				0,67	0,01	2,60
Cha	*Chaetodon pelewensis*							2	0,03	0,36	0,67	0,01	0,12
Cha	*Chaetodon plebeius*				2	0,03	0,19				0,67	0,01	0,06
Cha	*Forcipiger flavissimus*				2	0,01	0,33				0,67	0,00	0,11
Epi	*Cephalopholis urodeta*	**1**	0,01	2,00	**1**	0,01	2,00				0,67	0,01	1,33
Epi	*Cromileptes altivelis*				1	0,01	4,50				0,33	0,00	1,50
Epi	*Plectropomus laevis*				1	0,01	85,33				0,33	0,00	28,44
Epi	*Plectropomus leopardus*	2	0,02	9,00				1	0,03	46,63	1,00	0,01	18,54
Lab	*Bodianus perditio*				1	0,01	3,91				0,33	0,00	1,30
Lab	*Cheilinus chlorourus*				1	0,01	2,00				0,33	0,00	0,67
Lab	*Coris aygula*							2	0,03	4,00	0,67	0,01	1,33
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,04	0,46							1,00	0,01	0,15
Lab	*Halichoeres hortulanus*				1	0,01	0,43				0,33	0,00	0,14
Lab	*Labroides dimidiatus*							3	0,04	0,13	1,00	0,01	0,04
Lab	*Thalassoma amblycephalum*	5	0,06	0,43							1,67	0,02	0,14
Lab	*Thalassoma lunare*	10	0,13	0,86	7	0,09	0,60				5,67	0,07	0,49
Lab	*Thalassoma lutescens*	12	0,15	1,03	3	0,04	0,26				5,00	0,06	0,43
Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	12	0,15	1,03	12	0,15	1,03				8,00	0,10	0,69
Lut	*Lutjanus bohar*							1	0,01	0,84	0,33	0,00	0,28
Nem	*Scolopsis bilineatus*				6	0,08	4,12	5	0,06	6,14	3,67	0,05	3,42
Poc	*Centropyge bicolor*	4	0,07	0,49	2	0,03	0,25	3	0,04	0,38	3,00	0,05	0,37
Poc	*Centropyge bispinosa*	3	0,05	0,22	3	0,04	0,16	4	0,05	0,22	3,33	0,05	0,20
Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,03	0,14							0,67	0,01	0,05
Poc	*Centropyge tibicen*	5	0,08	0,36	2	0,03	0,11	1	0,01	0,05	2,67	0,04	0,17
Poc	*Pomacanthus imperator*							1	0,01	6,44	0,33	0,00	2,15
Pom	*Amphiprion clarkii*	5	0,06	0,43							1,67	0,02	0,14
Pom	*Chromis fumea*							30	0,50	0,64	10,00	0,17	0,21
Pom	*Chrysiptera rollandi*	15	0,19	0,10	30	0,38	0,06				15,00	0,19	0,05
Pom	*Chrysiptera taupou*	500	2,50	0,59							166,67	0,83	0,20
Pom	*Dascyllus reticulatus*	20	0,25	0,32							6,67	0,08	0,11
Pom	*Dascyllus trimaculatus*							20	0,25	0,32	6,67	0,08	0,11
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	5	0,06	0,03	20	0,20	0,26				8,33	0,09	0,10
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,04	1,30							1,00	0,01	0,43
Total		**615**	**3,99**	**20,70**	**105**	**1,23**	**137,97**	**151**	**1,56**	**366,57**	**290**	**2,26**	**175,08**

[10] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Biodiversité	20	22	20	45
Indice de Shannon =	2,960			
Equitabilité =	0,539			

Sur l'ensemble des transects de la station, 871 individus appartenant à 45 espèces différentes (tableau 159) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.26 poissons/m² pour une biomasse de 175.08 g/m².
114 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 160).

Tableau n°160 : Liste des espèces complémentaires (ST07)

Basse Chambeyron ST07					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	Epi	*Plectropomus laevis*	Mic	*Gunnellichthys curiosus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Mic	*Ptereleotris evides*
Aca	*Acanthurus mata*	Gob	*Valenciennea puellaris*	Mon	*Aluterus scriptus*
Aca	*Acanthurus pyroferus*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Mon	*Amanses scopas*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	Mon	*Pervagor aspricaudus*
Aca	*Naso maculatus*	Lab	*Anampses femininus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Naso tonganus*	Lab	*Anampses geographicus*	Ost	*Ostracion cubicus*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pin	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Naso vlamingii*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Bodianus diana*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Ant	*Pseudanthias dispar*	Lab	*Bodianus perditio*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Poc	*Pomacanthus imperator*
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Choerodon anchorago*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*
Ble	*Ecsenius bicolor*	Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Cae	*Pterocaesio pisang*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Car	*Caranx melampygus*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis analis*
Car	*Gnathanodon speciosus*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis atripectoralis*
Carc	*Carcharhinus albimarginatus*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chromis fumea*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Halichoeres melanurus*	Pom	*Chromis leucura*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chromis margaritifer*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Pseudojuloides cerasinus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cha	*Forcipiger flavissimus*	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Heniochus varius*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus bankanensis*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Epi	*Cephalopholis argus*	Let	*Gymnocranius euanus*	Sca	*Scarus bleekeri*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Let	*Gymnocranius grandoculis*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Cromileptes altivelis*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Epinephelus polyphekadion*	Lut	*Lutjanus bohar*	Syn	*Synodus variegatus*

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 161 et spécifiquement pour cette

campagne sur la figure 93.

Tableau n°161 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST07)

Familles	Basse Chambeyron ST07									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	3	3	5	5	3	6	8	8	7	**9**
Anthiinidae		3	1		1			1		
Blenniidae		1		1			1			
Caesionidae	1	1								**1**
Canthigasteridae			1			1	1	1		**1**
Carangidae						5				
Carcharhinidae	1			1		3				
Chaetodontidae	4	9	4	8	7	6	6	6	5	**5**
Epinephelinae	2	3	5	5	5	5	1	1	8	**4**
Labridae	6	6	4	7	6	11	10	11	10	**10**
Lutjanidae				1	1	2			2	**1**
Mullidae	2	1			1	1	1	1	4	
Nemipteridae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Pomacanthidae	3	4	2	3	3	2	3	3	3	**5**
Pomacentridae	4	6	2	7	6	6	7	8	5	**7**
Pseudochromidae							1	1	0	
Scaridae	5	5	4	5	4	5	2	2	4	**2**
Scombridae						1				
Siganidae	1	1		1			1		3	
Total espèces	**33**	**44**	**29**	**45**	**38**	**55**	**43**	**44**	**52**	**46**
Total familles	**12**	**13**	**10**	**12**	**11**	**14**	**13**	**12**	**11**	**11**

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 156), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°162 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille », 2007 à 2013 (ST07)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
158,27	162	200,13	11/19

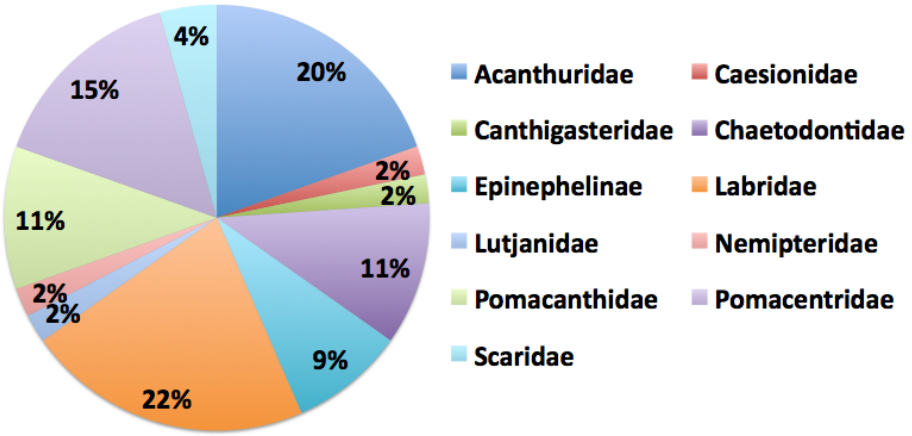


Figure n°93 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST07)

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 164 et la figure 94.

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 163 et représentation figure 95.

Tableau n°163 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	4 997,87	0,39	2 039,37	64,44	246,01	298,40
Coef. de Var.	0,54	0,35	0,37	0,19	0,27	0,18

La valeur de la biomasse de 2011 a été si énorme qu'elle écrase les autres points. Elle est donc représentée dans les graphes mais non incluse dans le calcul de l'écart relatif à la moyenne des autres valeurs.

Les 3 premiers paramètres présentes d'importantes variations, notamment la biomasse.
Les paramètres de biodiversité sont ici aussi en progression, notamment Biodiv.3 qui n'est pas limité par le cahier des charges.

Tableau n°164 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07)

Basse Chambeyron ST07		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
	Transect A	615,00	3,99	20,70			
	Transect B	105,00	1,23	137,97			
	Transect C	151,00	1,56	366,57			
	Moy. ABC	290,00	2,26	175,08	46	69	114
2012 b	Moy. ABC	120,33	1,24	179,16	53	73	102
2012 a	Moy. ABC	171,30	1,70	113,90	44	77	100
2011 b	Moy. ABC	89,67	1,05	71,29	43	55	91
2011 a	Moy. ABC	203,00	1,88	3101,07	55	58	97
2010 b	Moy. ABC	178	1,79	103,51	38	61	86
2010 a	Moy. ABC	79,67	2,66	84,96	45	73	113
2009	Moy. ABC	51,00	0,91	57,40	29	30	106
2008	Moy. ABC	85,33	2,73	146,76	44	49	82
2007	Moy. ABC	84,00	1,78	155,24	33	38	56

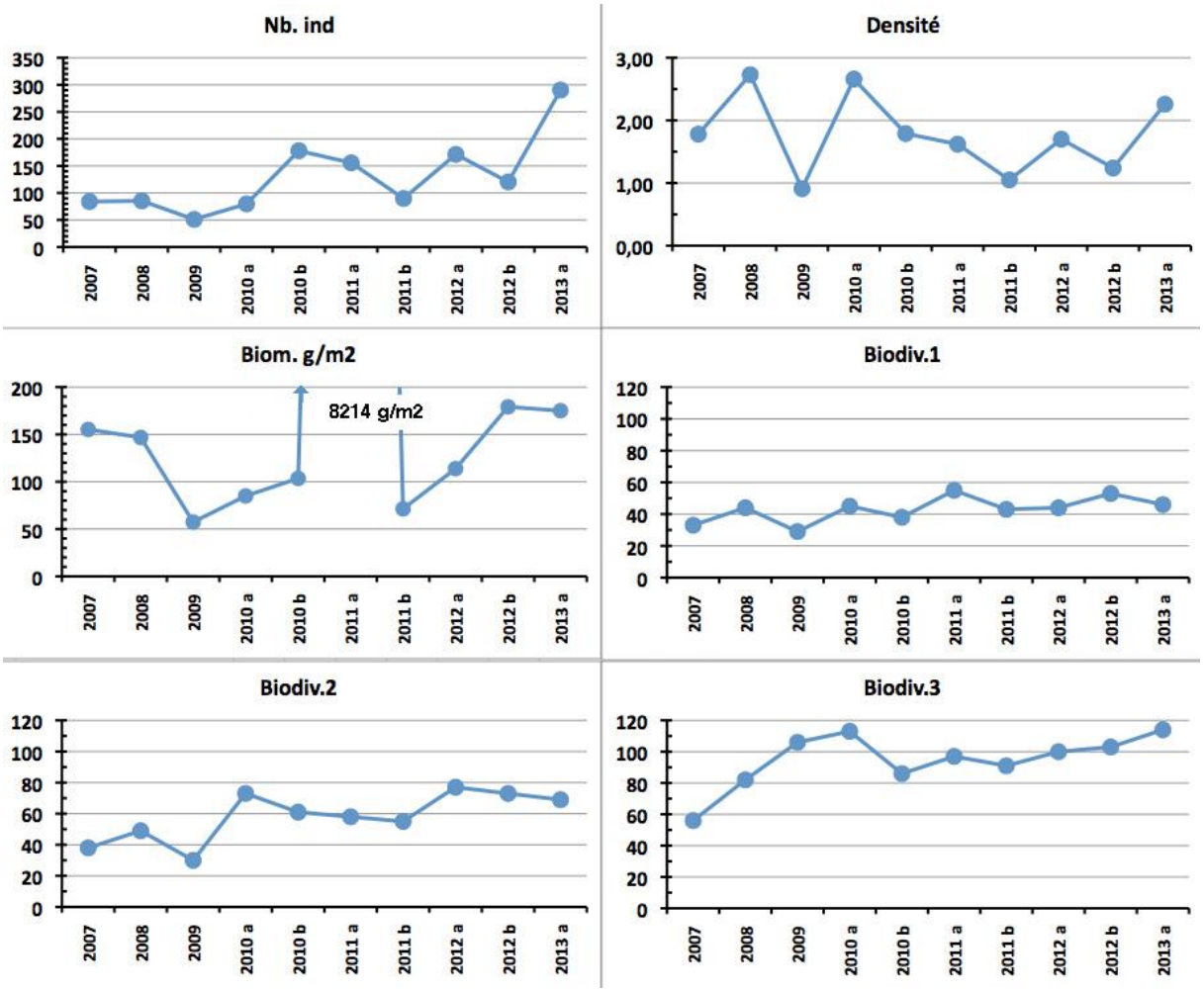


Figure n°94 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

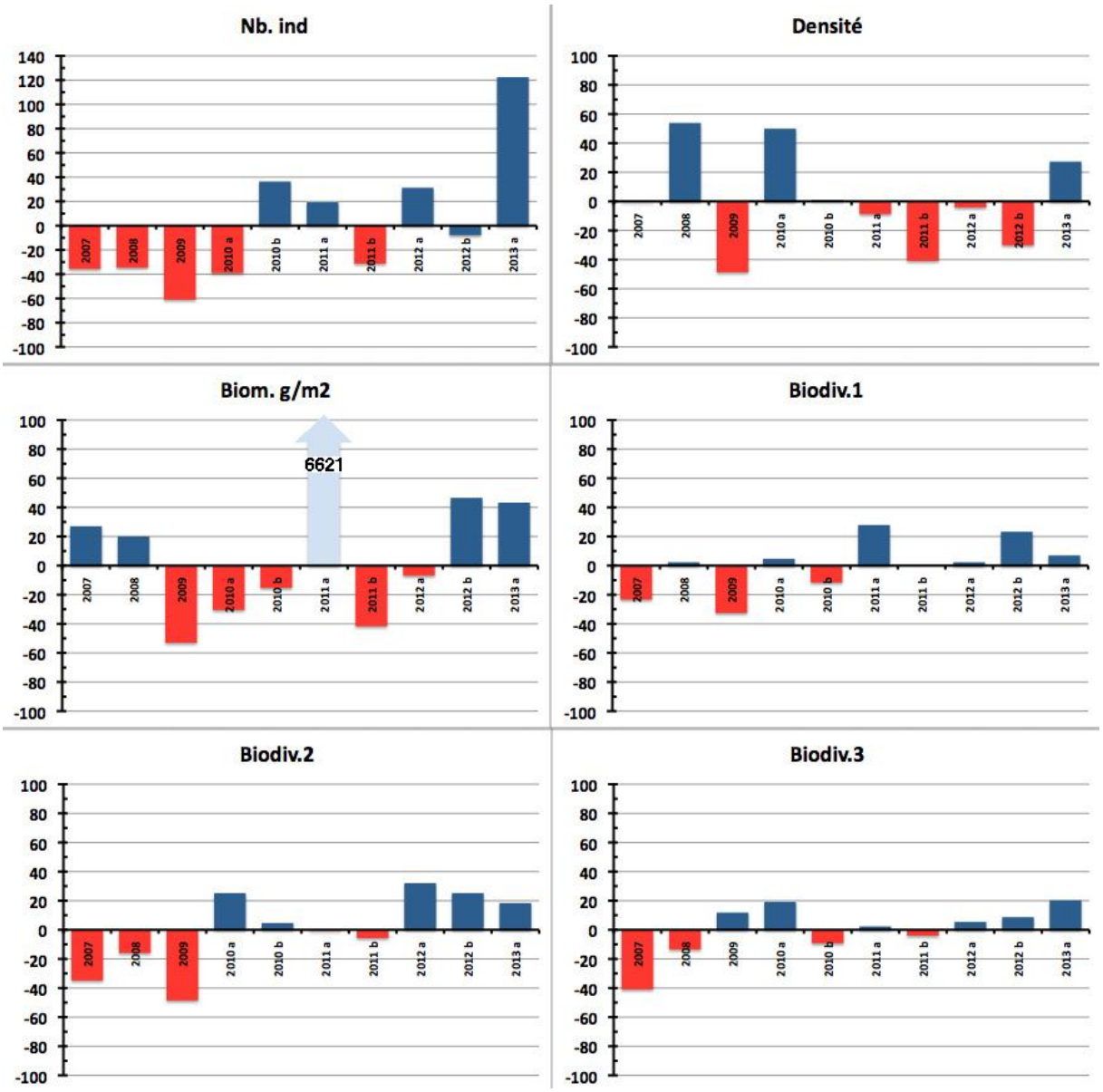


Figure n°95 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

4.8 Station 08 = Pointe Puka

Localisation géographique	Bordure du récif frangeant de la pointe Puka, au droit d'un gros amas rocheux proéminent sur le rivage, avec une petite tâche blanche (photographie 22).
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés perpendiculairement à la pente du récif frangeant à 9 et 12 mètres de profondeur dans un alignement du sud-ouest vers le nord-est.
	Le transect A a été installé au pied de deux éperons et traverse un sillon. Le transect B est éloigné d'une cinquantaine de mètres vers le sud du 1er transect. Il est positionné sur la pente sédimentaire qui est composée de sable et de débris coralliens plus importants par rapport au transect supérieur (rupture de faciès). De grandes colonies de *Porites lobata* de taille pluri métrique permettent de repérer ce transect.

Description générale

La morphologie de cette station est composée de plusieurs éperons séparés par des vallées d'une dizaine de mètres de largeur jusqu'à 9 m de profondeur. Le recouvrement le plus important des madrépores se situe sur les flancs et le dessus des éperons mais la richesse spécifique est moindre. Sur le fond des vallées le sable et les débris dominent mais une multitude d'espèces coralliennes de petites tailles s'épanouissent.

Au-delà du système éperon-sillon, la pente sédimentaire recèle l'une des plus fortes richesses spécifiques coralliennes de toutes les stations du réseau de surveillance. Les colonies sont généralement de taille décimétrique et quelques grandes colonies pluri métrique de *Porites* s'éparpillent sur cette pente douce sédimentaire.

Ensuite sous le niveau bathymétrique de 11-15 mètres de profondeur, la pente sédimentaire est toujours peu inclinée. Elle est composée de sable coquillé et de grosses patates coralliennes dispersées (*Porites lobata* et *Acropora* tabulaire) ainsi que des petites colonies coralliennes adaptées à peu de luminosité et de nombreux blocs coralliens morts, de taille décimétrique.

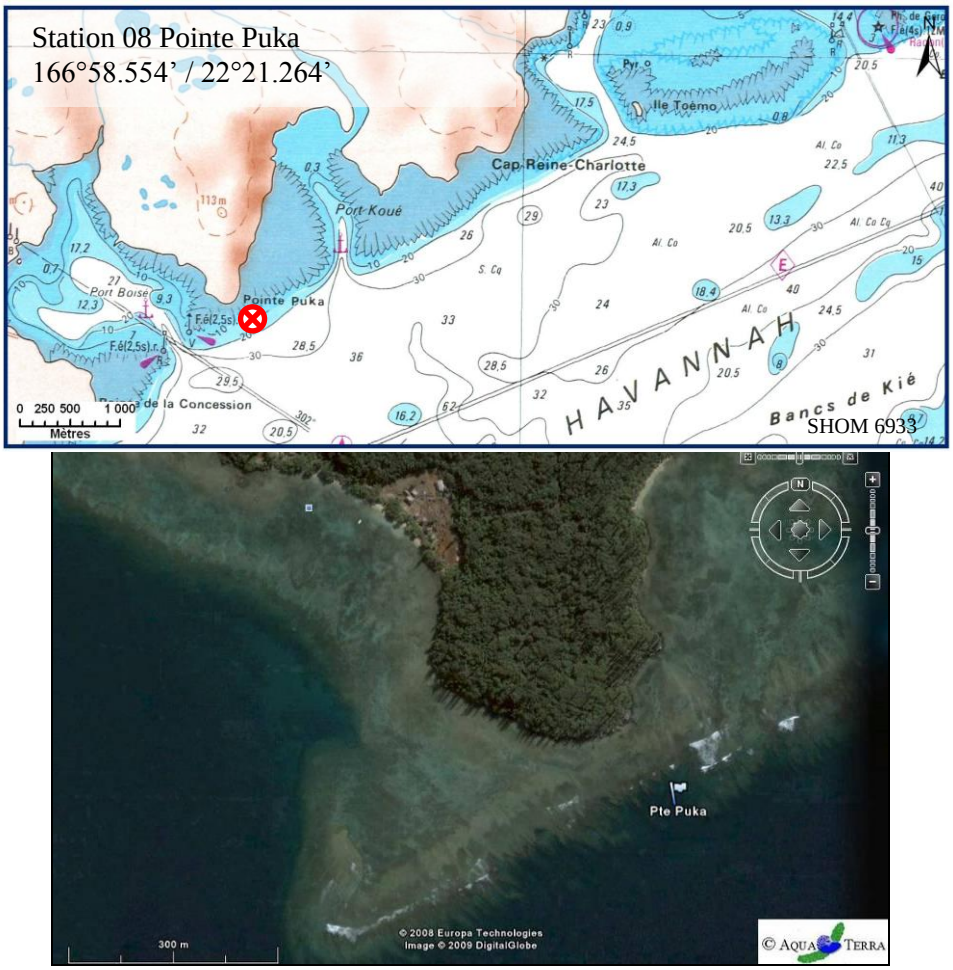
Caractéristiques principales

- Richesse spécifique corallienne élevée au pied des éperons et au début de la pente sédimentaire
- Croissance de grandes colonies de *Porites lobata* (avec des tumeurs en expansion)
- Présence de *Tubipora musica* au transect B
- Les spongiaires (*Cliona orientalis* et *Cliona jullienei*) sont relativement bien développées et colonisent les débris coralliens et les colonies coralliennes vivantes
- **Dégradation importante depuis la mission de mars 2011** (tempête tropicale Vania)
  - Mortalité importante : coraux tabulaires retournés et nombreux débris coralliens
  - Maladies coralliennes en expansion
  - Développement des spongiaires *(Cliona)*
  - Développement de turf algal et de cyanobactéries

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- **L'ensemble de la station est très dégradé :**
  - Richesse spécifique des coraux a nettement diminué sur l'ensemble de la station
  - L'état de santé s'est dégradé : débris coralliens, développement de turf algale, cyanobactéries et nombreuses colonies coralliennes affectées par des maladies coralliennes
  - Contrairement aux missions précédentes le nombre de colonies juvéniles a largement diminué
  - Maladies coralliennes : sur l'ensemble de la station, quelques colonies de *Seriatopora calendrium*, *Acropora* branchu, *Stylophora pistillata* et surtout les colonies d'*Acropora* tabulaires de taille métrique, montrent les signes distinctifs de mauvaise santé (maladies de la bande blanche : elles blanchissent puis meurent en place depuis deux ans et ne sont pas recolonisées).
  De même pour la colonie de *Porites* avec des anomalies de croissance de plus en plus importante.
- **Le blanchissement corallien affecte 41/94 espèces** de scléractiniaires (43.6%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (2.05% de la surface totale observée)

- **Saisonnalité des algues rouges** *Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis* (diminution d'abondance très importante - caractère invasif en octobre à décembre)
- **Développement de cyanobactéries sur les coraux morts en place** (particulièrement au transect A et dans une moindre mesure en B)
- **Développement de turf algal sur les colonies coralliennes dégradées**
- Aucun spécimen *Drupella cornus* (mollusques corallivores) n'a été recensé sur des colonies coralliennes



Carte n°10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka)



Photo n°22 : Position en surface par rapport à la côte (ST08)

4.8.1 Le substrat (ST08)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 96 pour le transect A et dans la figure 97 pour le transect B.

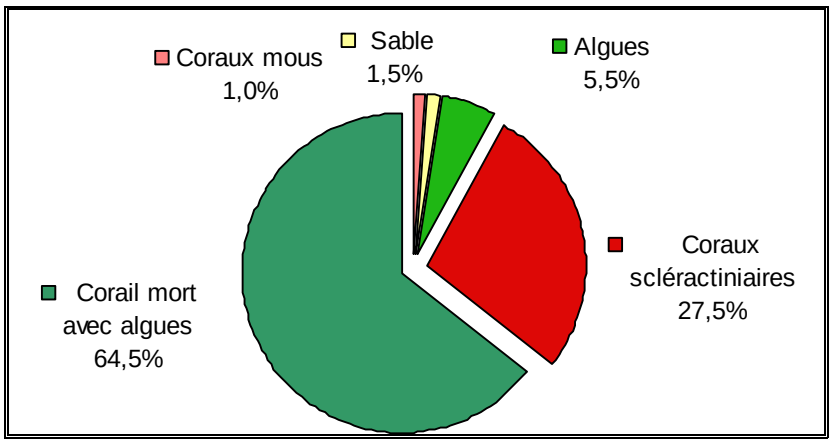


Figure n°96 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A

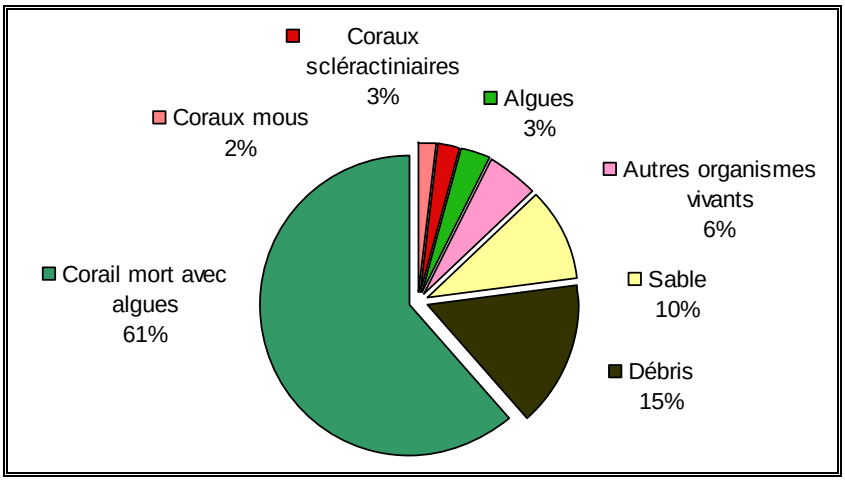


Figure n°97 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B

Les deux transects qui étaient différents se ressemblent plus lors de cette campagne.
Le substrat du transect haut est composé d'une large part de coraux morts recouverts d'algues (64.5%) avec un bon taux de coraux scléractiniaires vivants (27.5%). Il présente pour cette mission 98.5% de recouvrement biotique.
Sur le transect B, le sable très présent précedemment, a bien diminué (10% *vs* 47.5%) pour laisser une large part au corail mort recouvert d'algues en augmentation (61.5% vs 39%), ce qui donne plus de la majorité du substrat au biotique (74.5% vs 51.5%). Ce transect ne possède que 2.5% de coraux scléractinaires.
Les cyanobactéries sont présentes sur les 2 transects (respectivement 5% et 2%).

Globalement, la station est stable.

4.8.2 Le benthos (ST08)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Puka (ST08) est composée de 99 espèces coralliennes, de 40 espèces d'invertébrés, de 6 espèces de macrophytes, et d'une espèce de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **99 espèces coralliennes** (dont 94 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), 2 espèces de gorgones, une espèce de stolonifère).

Les familles scléractiniaires (94 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (25 taxons), les Acroporidae (20 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Pectiniidae (5 taxons), les Agaraciidae (4 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
Le blanchissement corallien affecte 41/94 espèces de scléractiniaires (43,6%).
Le blanchissement visuel moyen est de 2,05% de la surface totale observée.

- **40 espèces d'invertébrés** dont 7 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinidés (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies.
- **6 espèces de macrophytes** : algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons), algues vertes (2 taxons).
- **1 espèce de cyanobactéries**.





Importante perte de diversité, cyanobactéries et maladies coralliennes se développent (nécroses, anomalies de croissance et maladies de la bande blanche)





Photo n°23 : Vue d'ensemble des transects (ST08)

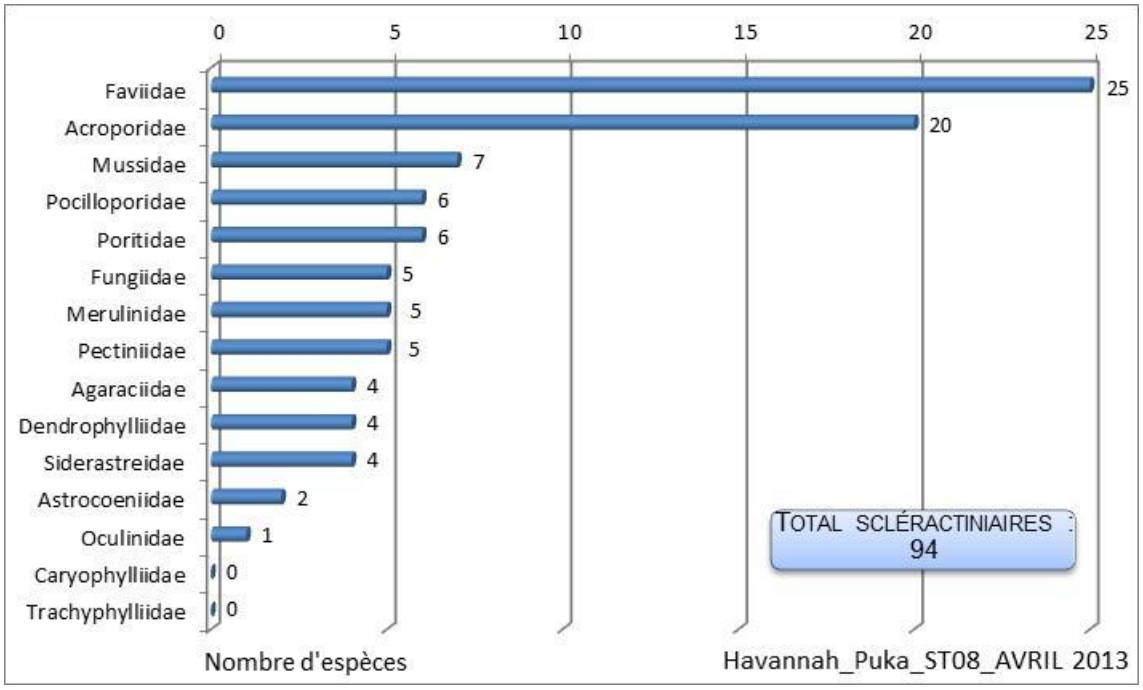


Figure n°98 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST08)

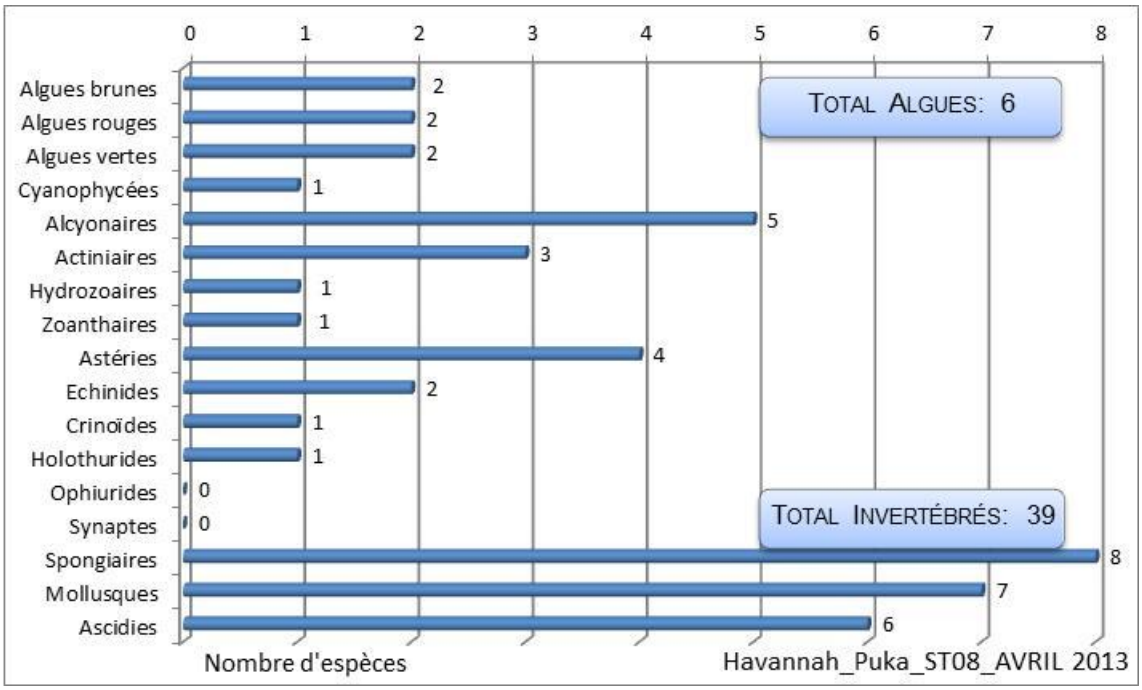


Figure n°99 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)

4.8.2.1 Benthos Transect 08 A

4.8.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST08A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST08A est composée de 95 espèces coralliennes dont 90 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), 2 espèces de gorgones et une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (90 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (22 taxons), les Acroporidae (19 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les

Pectiniidae (5 taxons), les Agaraciidae (4 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 40/90 espèces de scléractiniaires (44,4%).
Le blanchissement visuel est de 3,2% de la surface du couloir.

C'est l'une des plus importantes diversités coralliennes des stations du réseau de surveillance biologique.

Tableau n°165 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST08A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
Une seule espèce : •*Pavona maldivensis (*A1)	Aucune	40 espèces blanchies (44, 4%) : ➢ 5 précédemment blanchies (5, 6%) : •*Acropora (*branchu) (3spp.B*, B2), •*Acropora (*tabulaire) (2spp.B*, B2) ; ➢ 35 nouvellement blanchies (38, 9%) : •*Acropora florida* (B2, N), •*Acropora formosa* (B1, N), •*Astreopora explanata* (B1, N), •*Astreopora gracilis* (B1, N), •*Astreopora myriophthalma* (B1, N), •*Isopora palifera* (B1, N), •*Montipora* spp. *(*1spp.B*, B2, N), •*Pachyseris speciosa* (B2, N), •*Pavona decussata* (B1, N), •*Pavona maldivensis* (B1, N), •*Turbinaria mesenterina* (B1, N), •*Turbinaria peltata* (B1, N), •*Turbinaria reniformis* (B1, N), •*Barabattoia amicorum* (B1, N), •*Echinopora gemmacea* (B1, N), •*Echinopora lamellosa* (B1, N), •*Favia* spp. *(*1spp.B*, B1, N). •*Favites* spp. *(*2spp.B*, B1, N), •*Leptoria phrygia* (B1, N), •*Montastrea annuligera* (B1, N), •*Fungia* spp. *(*1spp.B*, B1, N), •*Polyphyllia novaehiberniae* (B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Lobophyllia corymbosa* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B2, N), •*Pectinia lactuca* (B2, N), •*Pocillopora damicornis* (B2, N), •*Pocillopora verrucosa* (B1, N), •*Seriatopora calendrium* (B2, N), •*Seriatopora histrix* (B2, N), •*Stylophora pistillata* (B2, N), •*Porites lichen* (B1, N), •*Porites lobata* (B2, N), •*Porites* sp. (B2, N)
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
13 espèces : •*Acropora (*tabulaire) (2spp./-1spp.A3/-0), •*Astreopora moretonensis (*A0/-1), •*Isopora cuneata (*A0/-1), •*Turbinaria patula (*A0/-1), •*Cycloseris* sp. (A0/-1),	10 espèces : •*Acropora (*branchu) (4spp., A3/-1) •*Turbinaria radicalis (*A1/- 1), •*Polyphyllia novaehiberniae (*A1/-1) •*Polyphyllia talpina (*A1/- 1), •*Hydnophora exesa (*A1/- 1),	➢ aucune espèce n'a réintégré ses zooxanthelles ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement

•*Herpolitha limax* (A0/-1), •*Podabacia crustacea* (A0/-1), •*Lobophyllia pachysepta* (A0/-1), •*Galaxea astreata* (A0/-1), •*Echinophyllia horrida* (A0/-1), •*Oxypora glabra* (A0/-1), •*Pocillopora meandrina* (A0/-2), •*Stylophora subseriata* (A0/-1).	•*Mycedium elephantotus* (A1/-1) •*Porites lichen* (A2/- 1).	se réduire.

Tableau n°166 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST08A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	19	22	19	19	19	19	18	18	13
Agaraciidae	4	3	3	4	4	4	4	3	2
Astrocoeniidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	4	5	5	4	4	6	6	6	5
Faviidae	22	22	22	18	19	20	19	18	15
Fungiidae	5	8	6	8	7	8	8	5	4
Merulinidae	5	5	5	4	4	4	4	4	3
Mussidae	7	8	8	7	6	6	6	6	6
Oculinidae	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	5	7	5	5	7	8	8	8	7
Pocilloporidae	6	8	8	7	7	6	6	6	5
Poritidae	6	6	6	6	6	6	6	6	5
Siderastreidae	4	4	4	4	4	4	4	3	3
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**90**	**102**	**95**	**90**	**91**	**95**	**93**	**87**	**72**

Tableau n°167 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST08A)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**8.61**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 167).

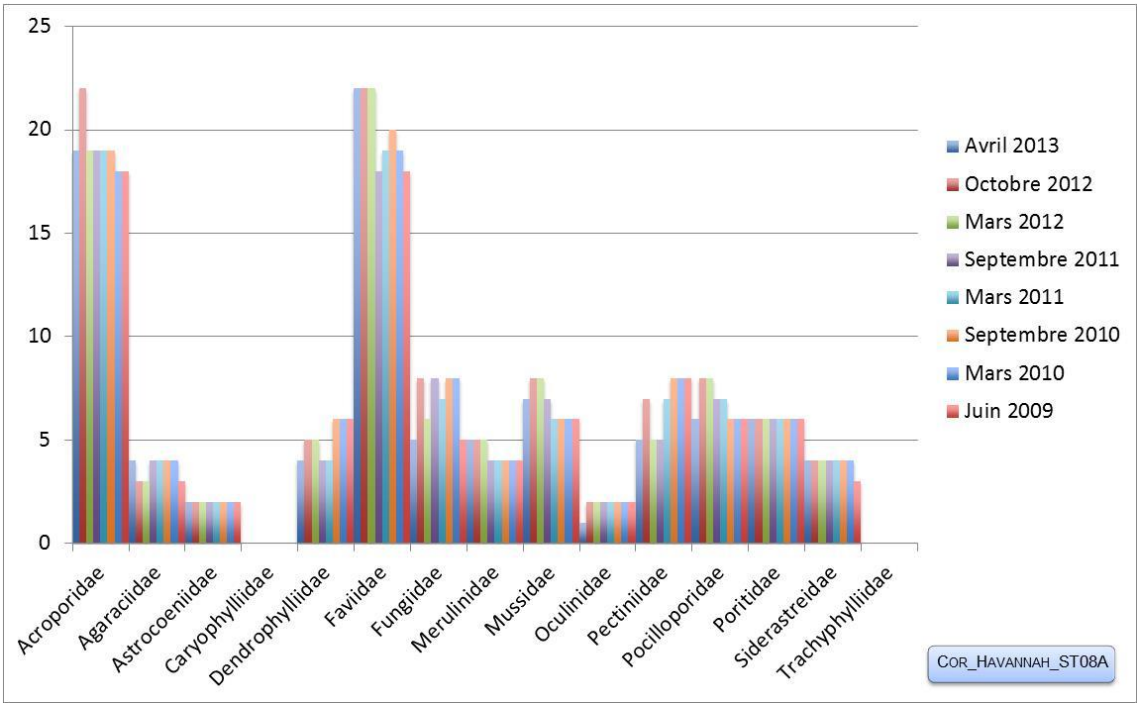


Figure n°100 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST08A)

4.8.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST08A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST08A est composée de 35 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinidés (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies, et de 6 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons), algues vertes (2 taxons) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°168 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST08A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 7 sp d'algues disparues, dont 2 brunes : •*Padina* sp. (A0/-2), •*Turbinaria ornata* (A0/-2) ; et 3 rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-3), •*Amphiroa vanbosseae* (A0/-2), •*Trichogloea requienii* (A0/-2) et 2 vertes : •*Caulerpa* sp. (A0/-2), •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A4/+ 2).
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les actiniaires (-1 sp) : •*Heteractis aurora* (A0/-1) ➢ pour les zoanthaires (-1 sp) : •sp ind. (A0/-1)	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les holothurides (-3 sp) : •*Holothuria edulis* (A0/-1), •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-2), •*Holothuria whitmaei* (A0/-1)	☑

➢ pour les ophiurides (-1 sp) : •Ophiure ind. (A0/-2)	
Mollusques	
5 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-3 sp) : •*Conus* sp. (A0/-1), •*Drupa* sp. (A0/-1), •*Lambis chiragra* (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-2 sp) : •*Phyllidia ocellata* (A0/-1), •*Phyllidiella* sp. (A0/-1).	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Arca ventricosa* (A2/- 1) ➢ pour les gastéropodes (1 sp) : •*Lambis lambis* (A1/-1)
Éponges	
2 espèces d'éponges disparues : •*Cymbastella cantharella* (A0/-2), •*Dysidea* sp. (A0/-1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Leucetta chagosensis* (A2/+ 1). 2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Dysidea herbacea* (A1/-1), •*Spheciospongia vagabunda* (A2/-1)
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1)	☑
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°169 : *Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST08A)*

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	5	5	5	5	5	5	4	4	6
Actiniaires	2	3	1	1	1	3	3	1	1
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Zoanthaires	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	3	3	2	1	0	0	1	1	1
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	2	2	2	1	0	0	0	0	0
Holothurides	0	3	3	3	2	2	2	3	3
Spongiaires	8	10	8	5	5	5	5	5	5
Mollusques	6	11	10	9	5	4	5	4	4
Ascidies	6	8	5	6	2	2	2	3	3
Total	**36**	**51**	**40**	**36**	**23**	**24**	**26**	**25**	**27**

Tableau n°170 : *Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST08A)*

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**28.14**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 170).

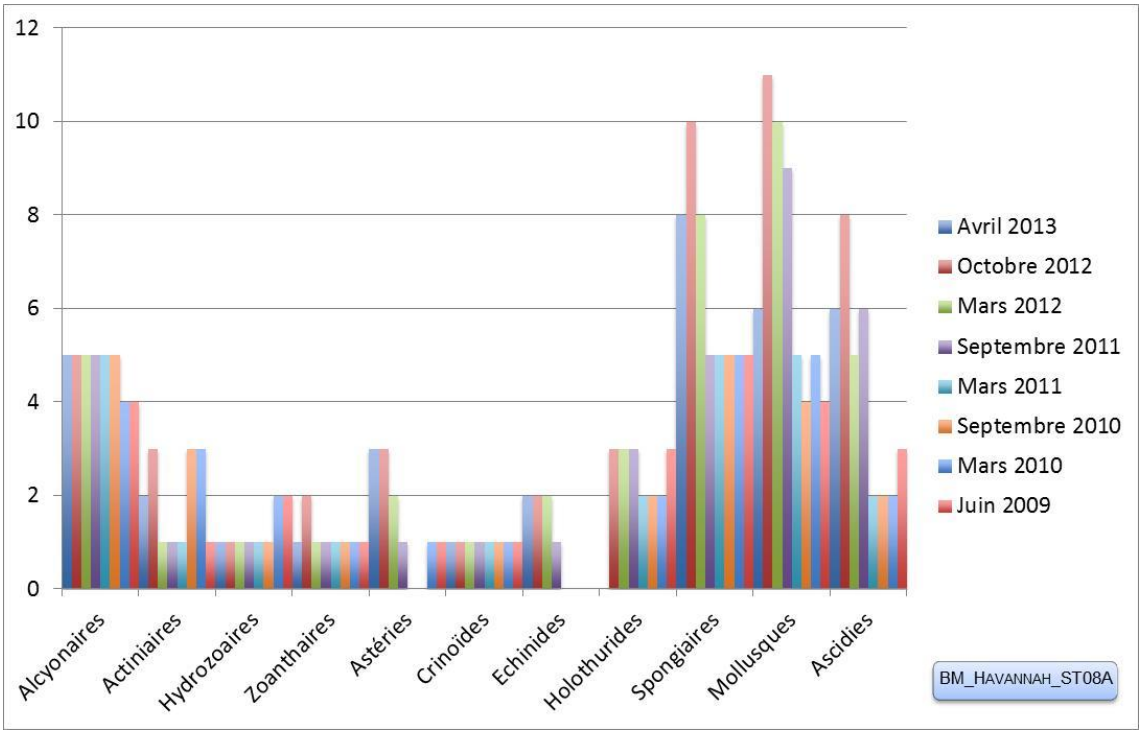


Figure n°101 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST08A)

4.8.2.2 Benthos Transect 08 B

4.8.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST08B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST08B est composée de 32 espèces coralliennes dont 30 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (encroûtant) et une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (30 taxons au sein de 8 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (12 taxons), les Acroporidae (8 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons), les Mussidae (2 taxons), les Poritidae (2 taxons), les Agaraciidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon), les Pectiniidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Dendrophylliidae, des Fungiidae, des Merulinidae, des Siderastreidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 9/30 espèces de scléractiniaires (30%).
Le blanchissement visuel est de 0,9% de la surface du couloir.

Ce récif est perturbé depuis mars 2011, de nombreuses colonies montrent les signes distinctifs de mauvaise santé. Ces stigmates ne sont pas originaires d'une prédation mais de la maladie de la bande blanche et d'anomalies de croissance.
La maladie de la bande blanche concerne les *Acropora* tabulaires de taille métrique : elles blanchissent puis meurent en place depuis deux ans et ne sont pas recolonisées.
Les anomalies de croissances concernent la grande colonie de *Porites lobata* : ses tumeurs ne cessent de se développer et quelques parties de la colonie sont nécrosées.

Tableau n°171 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST08B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
Une seule espèce :	3 espèces :	9 espèces blanchies (30%) :

•*Echinophyllia echinoporoides* (A1)	•*Pachyseris speciosa* (A2/+ 1), •*Goniastrea australiensis* (A2/+ 1), •*Tubipora musica* (A3/+ 1).	➢ 2 précédemment blanchies (6,7%) : •*Acropora* (branchu) (B1), •*Acropora* (tabulaire) (B2) ; ➢ 7 nouvellement blanchies (23,3%) : •*Montipora* spp. (1spp.B*, B2, N), •*Pachyseris speciosa* (B1, N), •*Montastrea curta* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Pocillopora damicornis* (B2, N), •*Stylophora pistillata* (B2, N), •*Porites lobata* (B2, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
15 espèces : •*Millepora* (branchu) (A0/-2), •*Acropora* (branchu) (1spp./-1spp.A1/-1), •*Acropora* (tabulaire) (1spp./-1spp.A2/-0) •*Isopora palifera* (A0/-2), •*Turbinaria reniformis* (A0/-1), •*Favia rotundata* (A0/-1), •*Leptastrea inaequalis* (A0/-1), •*Oulastrea crispata* (A0/-1), •*Platygyra* sp. (A0/-1), •*Fungia* spp. (A0/-2) •*Polyphyllia talpina* (A0/-1), •*Sandalolitha robusta* (A0/-1), •*Merulina ampliata* (A0/-1), •*Seriatopora calendrium* (A0/-2), •*Goniopora* sp. (A0/-2).	5 espèces : •*Acropora* (branchu) (A1/- 1), •*Astreopora myriophthalma* (A1/- 1), •*Seriatopora histrix* (A1/- 1), •*Porites lichen* (A1/- 1), •*Porites lobata* (A4/- 1).	➢ aucune espèce n'a réintégré ses zooxanthelles ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement se réduire.

Tableau n°172 : *Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST08B)*

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	8	11	11	12	11	12	12	12	8
Agaraciidae	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	0	1	2	2	2	2	2	2	1
Faviidae	12	16	17	18	18	19	19	16	11
Fungiidae	0	3	3	1	3	5	5	5	4
Merulinidae	0	1	1	2	2	3	3	3	3
Mussidae	2	2	3	2	2	2	1	1	1
Oculinidae	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Pectiniidae	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Pocilloporidae	3	4	4	4	4	4	4	4	3
Poritidae	2	3	2	2	2	2	2	2	2
Siderastreidae	0	0	1	1	1	1	1	1	2
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**30**	**43**	**47**	**48**	**49**	**54**	**53**	**51**	**40**

Tableau n°173 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST08B)

Degré de liberté	ddl	77
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**18.57**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	98.484

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 173).

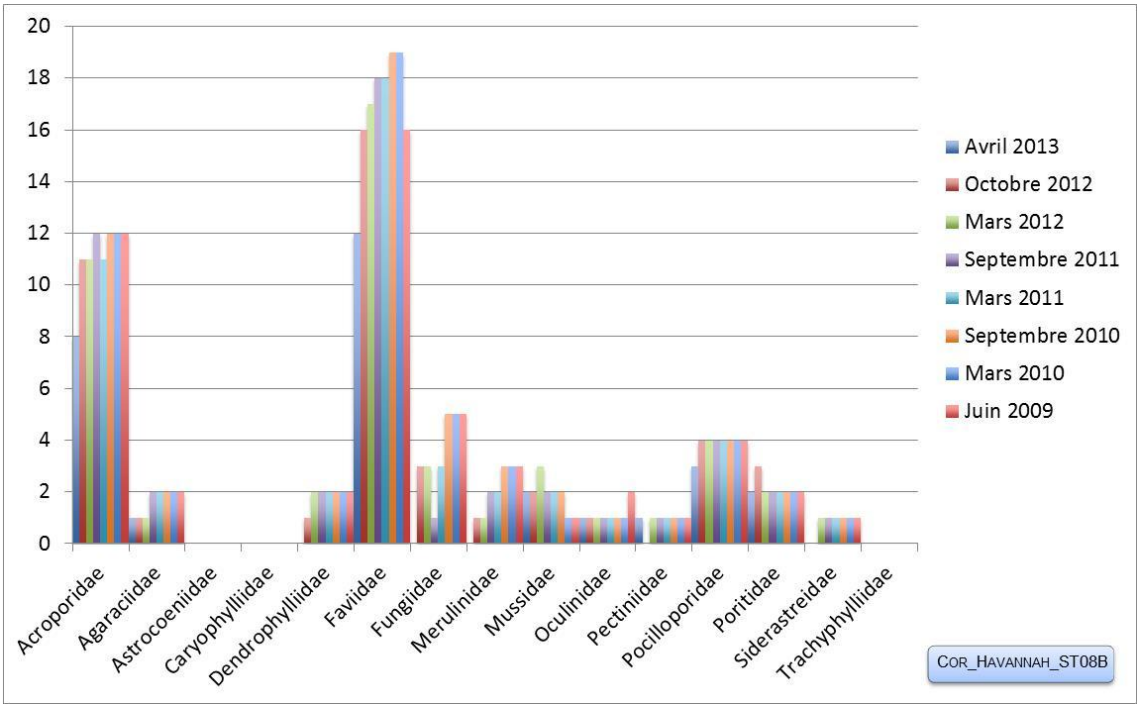


Figure n°102 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST08B)

4.8.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST08B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST08B est composée de 24 espèces d'invertébrés dont 3 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies, et de 4 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°174 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST08B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : •*Lobophora variegata* (A2) ; et l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2) ; 6 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Padina* sp. (A0/-2) ; et 4 rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-2), •*Amphiroa vanbosseae* (A0/-2), •*Actinotrichia* sp. (A0/-1), •*Trichogloea requienii* (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	

☑	☑
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 sp) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2) ➢ pour les actiniaires (-1 sp) : •Actiniaires ind. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria atra* (A2). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 sp) : •*Celerina heffernani* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 sp) : •*Diadema setosum* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 sp) : •*Holothuria edulis* (A0/-1), •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Fromia indica* (A2/+ 1), •*Linckia multifora* (A2/+ 1).
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-1 sp) : •*Conus miles* (A0/-1) ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1)	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Latirolagena smaragdula* (A1/- 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dysidea herbacea* (A1).	3 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •sp ind. (noire) (A2/- 1), •*Clathria rugosa* (A2/- 1), •*Spheciospongia vagabunda* (A2/- 1).
Ascidies	
1 espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°175 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST08B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**	**08/ 2008**
Alcyonaires	3	4	4	4	5	6	6	5	3
Actiniaires	1	2	2	1	1	2	2	2	2
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Astéries	3	3	1	2	1	1	3	1	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Holothurides	1	2	2	2	3	3	3	3	4
Spongiaires	7	6	8	7	5	5	6	6	8
Mollusques	3	5	8	6	4	2	3	3	4
Ascidies	2	3	2	2	2	2	2	2	3
Total	**25**	**31**	**34**	**31**	**24**	**24**	**27**	**24**	**26**

Tableau n°176 : *Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST08B)*

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**22.79**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 176).

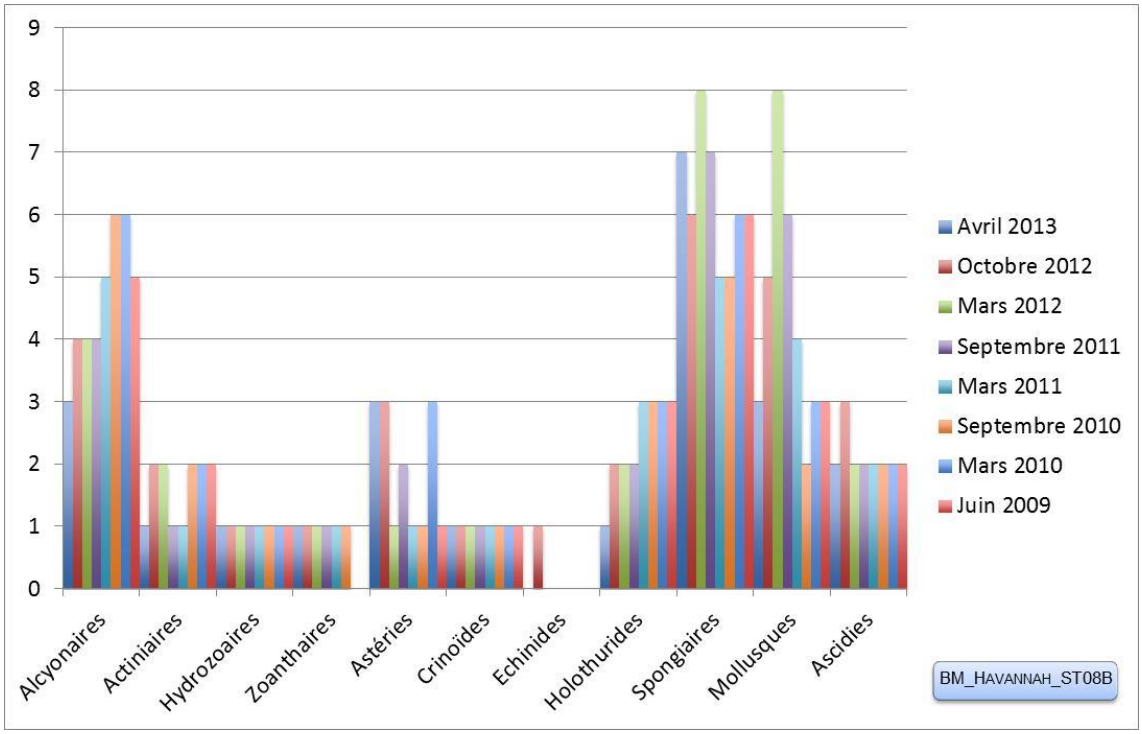


Figure n°103 : *Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST08B)*

4.8.3 Les poissons (ST08)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[11] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 177.

Tableau n°177 : Données sur les poissons (ST08)

Puka ST08		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*	50	0,21	26,67				25,00	0,10	13,33
Aca	*Ctenochaetus striatus*				3	0,02	0,22	1,50	0,01	0,11
Can	*Canthigaster valentini*				1	0,01	0,02	0,50	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon pelewensis*	1	0,01	0,10				0,50	0,01	0,05
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,01	0,07				0,50	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon speculum*	1	0,01	0,20				0,50	0,01	0,10
Cha	*Chaetodon ulietensis*	2	0,03	0,14				1,00	0,01	0,07
Cha	*Heniochus monoceros*				1	0,01	2,00	0,50	0,01	1,00
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*				1	0,01	1,21	0,50	0,00	0,61
Lab	*Bodianus perditio*	1	0,01	0,20				0,50	0,01	0,10
Lab	*Coris gaimard*				1	0,01	0,47	0,50	0,01	0,23
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	0,35				0,50	0,01	0,17
Lab	*Labroides dimidiatus*				2	0,03	0,01	1,00	0,01	0,01
Lab	*Thalassoma lunare*	2	0,03	0,40	1	0,01	0,68	1,50	0,02	0,54
Lab	*Thalassoma lutescens*	3	0,04	1,04				1,50	0,02	0,52
Nem	*Scolopsis bilineatus*	3	0,04	1,04	4	0,05	1,38	3,50	0,04	1,21
Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	1	0,01	3,13	1	0,00	1,04	1,00	0,01	2,08
Pom	*Amphiprion clarkii*				2	0,05	0,41	1,00	0,03	0,20
Pom	*Chrysiptera taupou*				6	0,08	0,08	3,00	0,04	0,04
Pom	*Dascyllus aruanus*				5	0,06	0,03	2,50	0,03	0,01
Pom	*Dascyllus reticulatus*				20	0,25	0,11	10,00	0,13	0,05
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	6	0,10	0,10	5	0,08	0,09	5,50	0,09	0,09
Sca	*Chlorurus sordidus*	10	0,07	1,14				5,00	0,04	0,57
Sca	*Scarus frenatus*	20	0,08	10,67				10,00	0,04	5,33
Sca	*Scarus ghobban*	1	0,01	0,68				0,50	0,01	0,34
Sca	*Scarus schlegeli*				1	0,01	0,91	0,50	0,00	0,46
Total		**103**	**0,68**	**45,91**	**54**	**0,68**	**8,64**	**78,50**	**0,68**	**27,28**
Biodiversité		**15**			**15**			**26**		
Indice de Shannon =		3,502								
Equitabilité =		0,745								

Sur l'ensemble des transects de la station, 155 individus appartenant à 26 espèces différentes (tableau 177) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.68 poissons/m² pour une biomasse de 27.28 g/m².
76 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 178).

[11] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Tableau n°178 : Liste des espèces complémentaires (ST08)

Puka ST08					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Bodianus axillaris*	Pin	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Bodianus diana*	Ple	*Assessor macneilli*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Bodianus perditio*	Poc	*Centropyge tibicen*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis leucura*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Halichoeres biocellatus*	Pom	*Chromis margaritifer*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Heniochus monoceros*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus frenatus*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Mal	*Malacanthus latovittatus*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Epinephelus merra*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Epi	*Plectropomus laevis*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Sig	*Siganus doliatus*
Hol	*Myripristis murdjan*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Hol	*Myripristis pralinia*				

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 179 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 104.

Tableau n°179 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST08)

Familles	Puka ST08									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	4	3	3	3	1	1	3	2	3	**2**
Blenniidae						1				
Caesionidae			1	1		1				
Canthigasteridae		1	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Chaetodontidae	4	4	2	4	5	5	4	4	4	**5**
Epinephelinae	2	5	2	1	1	2	1		1	**1**
Haemulidae	1									
Labridae	5	7	5	7	3	4	7	6	4	**6**
Mullidae			2	1		1	3	1		
Nemipteridae	1	1	1	1		1	1	1	1	**1**
Pomacanthidae	2	2	3	2	1		4	3	2	**1**
Pomacentridae	7	5	5	5	3	5	4	5	5	**5**
Scaridae	1	1	2	2		3	3	2	1	**4**
Siganidae			1	1		1	2	1	1	
Zanclidae	1	1								
Total espèces	**28**	**30**	**28**	**29**	**15**	**26**	**33**	**26**	**23**	**26**
Total familles	**10**	**10**	**12**	**12**	**7**	**12**	**11**	**10**	**10**	**9**

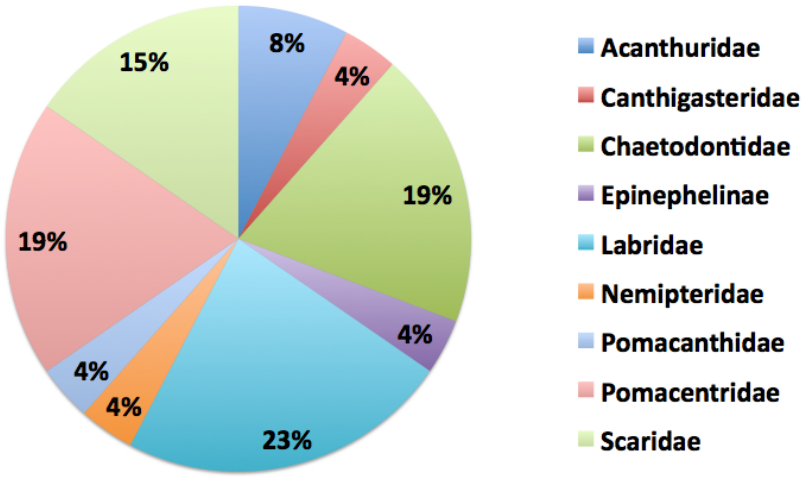


Figure n°104 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST08)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 180), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°180 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST08)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
76,46	126	157,09	9/15

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),

- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 181 et la figure 105.

Tableau n°181 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08)

Puka ST08		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	103,00	0,68	45,91			
	Transect B	54,00	0,68	8,64			
	Moy. ABC	78,50	0,68	27,28	26	48	76
2012 b	Moy. ABC	50,50	0,63	7,00	23	49	77
2012 a	Moy. ABC	77,00	0,70	4,93	27	64	98
2011 b	Moy. ABC	85,00	1,30	39,80	33	62	101
2011 a	Moy. ABC	87,50	0,68	28,37	26	48	76
2010 b	Moy. ABC	31	0,46	11,73	14	32	41
2010 a	Moy. ABC	91,50	3,05	57,64	29	51	80
2009	Moy. ABC	55,00	3,50	53,22	28	48	66
2008	Moy. ABC	45,00	1,84	87,54	30	41	68
2007	Moy. ABC	64,50	2,32	67,39	28	31	44

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 182 et représentation figure 105.

Tableau n°182 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

	Nb ind.	**Densité**	**Biom.**	**Biodiv.1**	**Biodiv.2**	**Biodiv.3**
Variance	419,69	1,23	765,41	26,04	116,93	381,12
Coef. de Var.	0,31	0,73	0,72	0,19	0,23	0,27

C'est une station atypique du canal de la Havannah présentant lors de cette mission des valeurs de densité et de biomasse faibles. La diversité est moyenne. Quoi qu'il en soit, c'est une station à faible richesseoù la densité et la biomasse sont suceptibles de variations de près de 150 %.

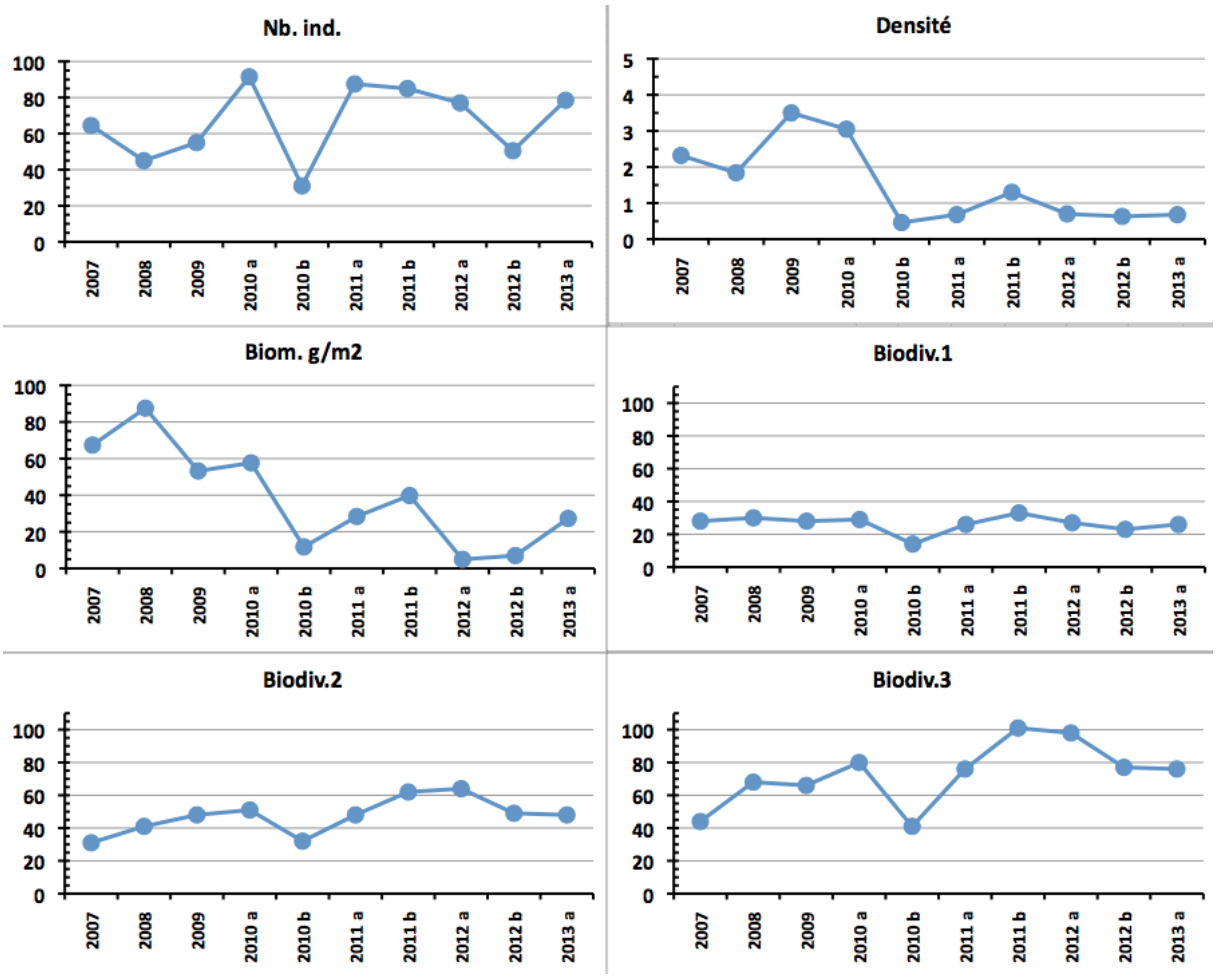


Figure n°105 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

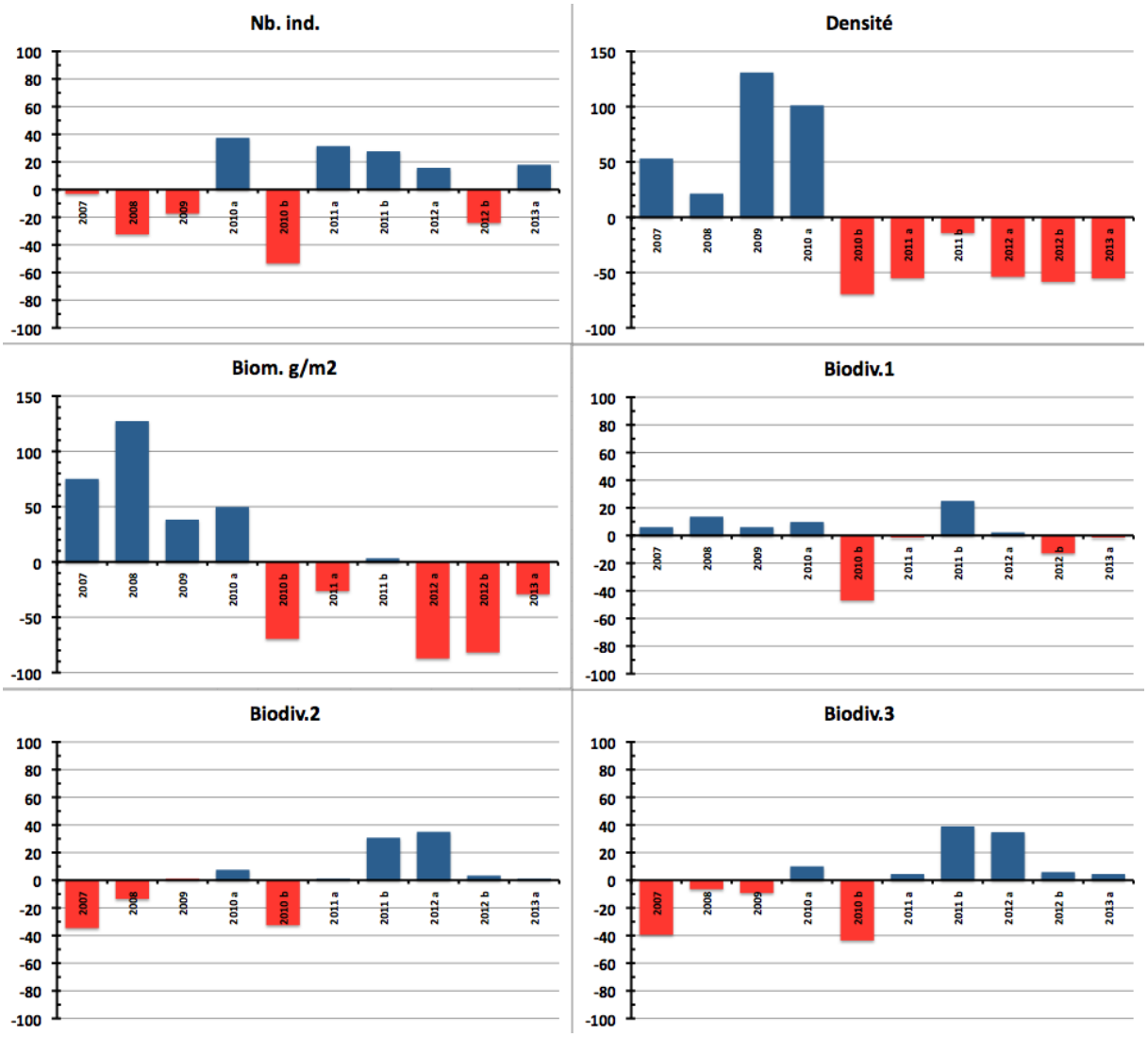


Figure n°106 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

4.9 Station 09 = Bancs Kié

Localisation géographique	Les bancs Kié sont isolés dans la partie centrale du canal de la Havannah. La station est située au sud du banc le plus ouest, qui est totalement immergé (cf. photographie 24).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à partir de la rupture de pente du récif à 7, 17 et 20 mètres de profondeur, avec une direction quasi sud-nord.
	Le transect A a été installé au pied de deux éperons et traverse un sillon. Au niveau du transect B les courants de marée sont encore conséquents mais le ressac n'a plus d'influence à cette profondeur. Le transect C est situé en bas de pente.

Description générale

La partie haute du banc est à 5 mètres de profondeur. On y retrouve de grandes superficies arasées, des colonies coralliennes robustes puis des algues résistantes au resssac et au courant comme l'espèce *Dictyosphaeria verluysii* qui est omniprésente et fixée à même la dalle puis, dans une moindre mesure, les autres genres *Asparagopsis*, *Amphiroa* et *Chlorodesmis* (caractérisant un milieu où l'hydrodynamisme est intense).
La pente est relativement abrupte (45°) et recouverte par de nombreux débris coralliens branchus. Seules les plus grosses colonies massives et branchues robustes semblent avoir résistées au cyclone « Erica » et à la série de tempêtes et cyclones du début d'année 2011.
Cette zone semble être soumise de manière quasi permanente aux très forts courants de marées auxquels se rajoutent de très violents ressacs dus aux houles fréquentes.

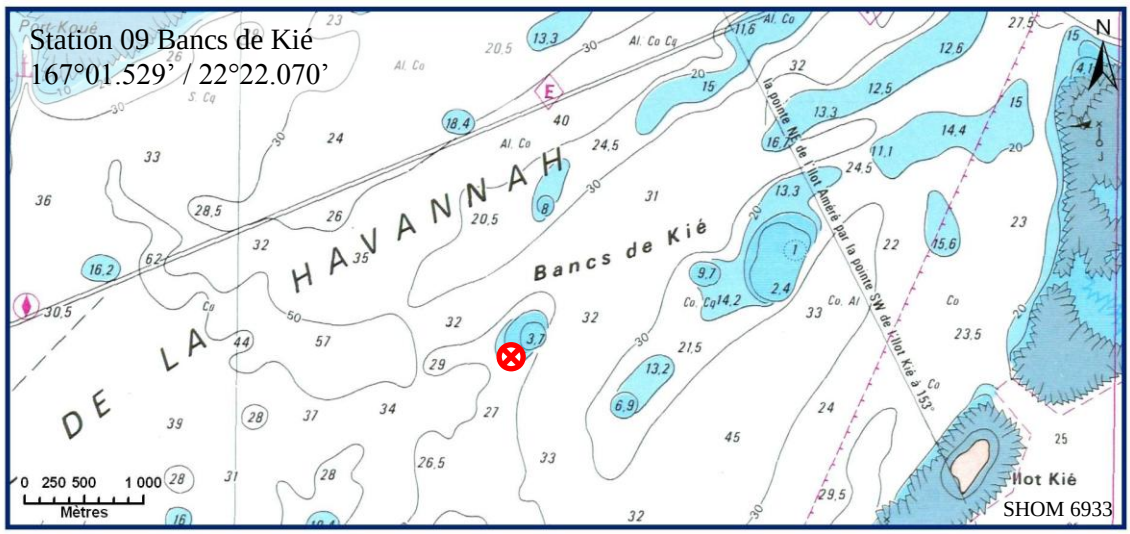
Caractéristiques principales

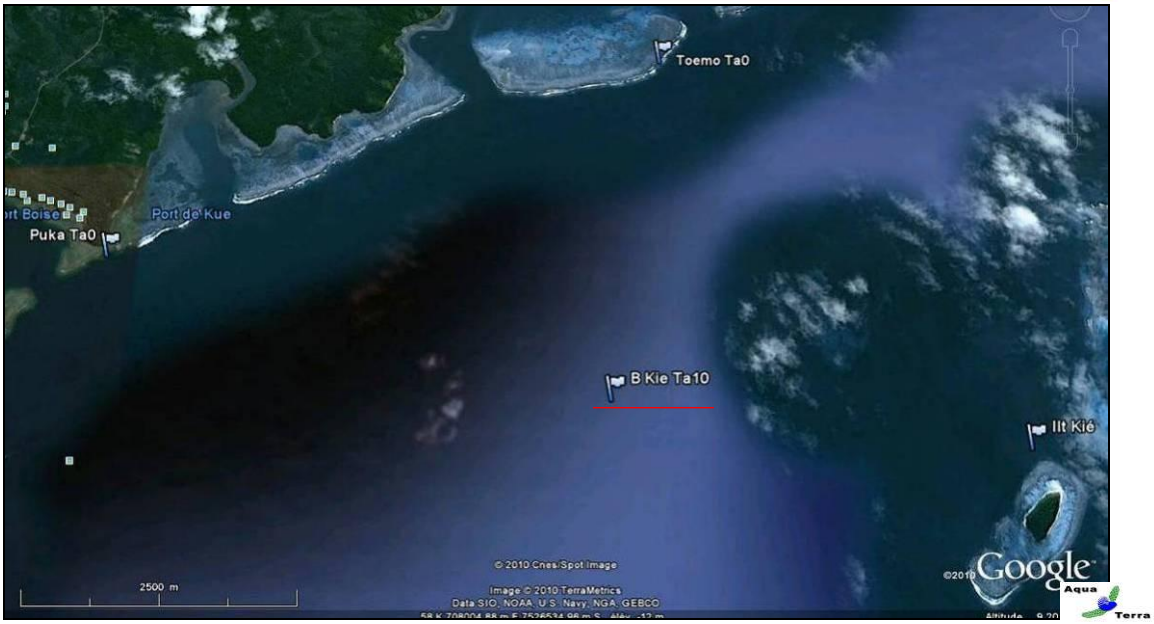
- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) et taille relativement petite des colonies
- La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle
- La richesse spécifique des coraux est peu élevée
- Dominance des alcyonaires, macrophytes et ascidies sur le sommet du récif
- Les macrophytes ont un recouvrement et une richesse spécifique élevés
- Saisonnalité des algues rouges *(Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis)*
- La richesse spécifique des ascidies est élevée
- Les alcyonaires ont un recouvrement important (*Lobophytum)* et une richesse spécifique élevée
- Les crinoïdes affectionnent ce milieu balayé par les courants de marée

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- **Le recrutement corallien est important sur toute la station** pour les espèces les plus robustes. Le récif est en cours de régénération avec un recrutement corallien important et une recolonisation des macrophytes, des échinodermes et mollusques
- Richesse spécifique des coraux a légèrement diminué sur le sommet de la station (transect A) tout en ayant une augmentation d'abondance pour les espèces les plus robustes
- Les transects plus en profondeur (B&C) présentent du recrutement corallien
- Recolonisation progressive des coraux depuis les dégradations observées lors de la mission de mars 2011
- **Le blanchissement corallien affecte 20/97 espèces** de scléractiniaires (20.6%) sur la station et le blanchissement visuel moyen est de 1.07% de la surface totale observée
- **Augmentation du recouvrement et de la diversité des macrophytes :** l'algue brune *Turbinaria ornata* se développe de manière très importante sur le transect A et le genre *Codium* s'éparpillent sur toute la station
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- Absence de cyanobactérie sur l'ensemble de la station
- **Compétition spatiale des *Cliones,*** ces éponges encroûtantes colonisent les substrats durs comme les

coraux vivants
↳ Augmentation du recouvrement des alcyonaires





Carte n°11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié)



Photo n°24 : Position en surface (ST09)

4.9.1 Le substrat (ST09)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 107 pour le transect A, dans la figure 108 pour le transect B et dans la figure 109 pour le transect C.

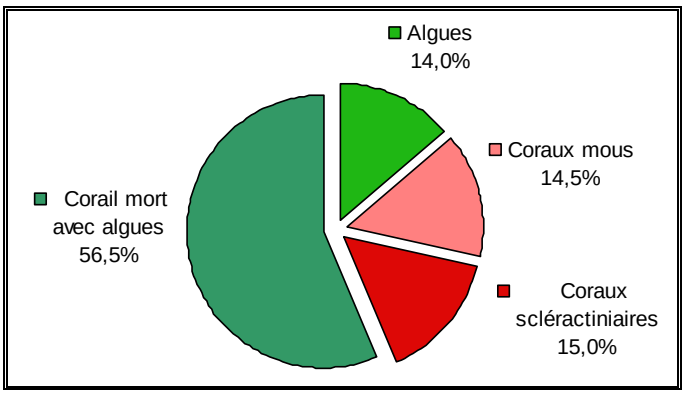


Figure n°107 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A

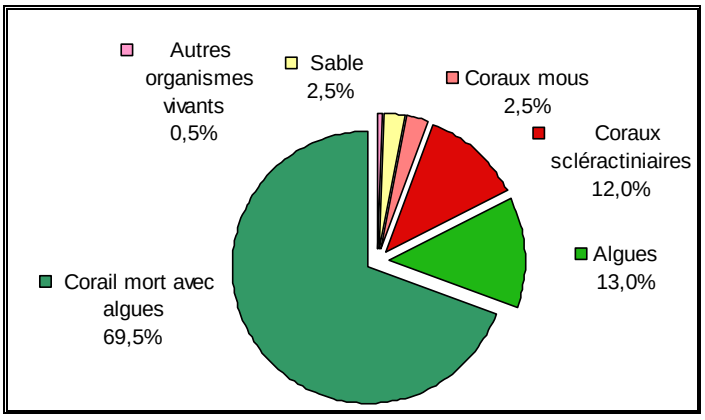


Figure n°108 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B

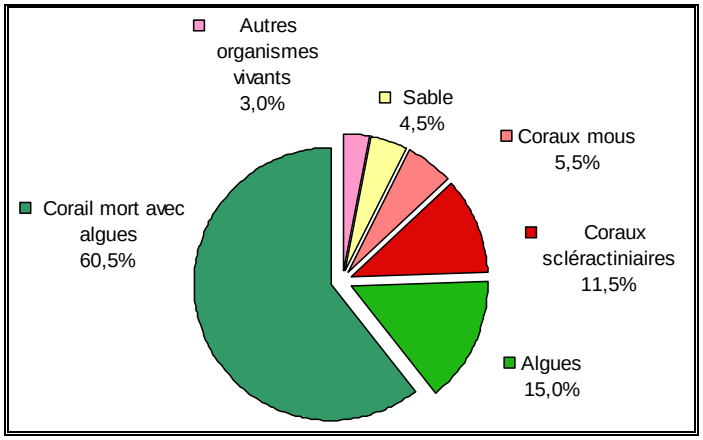


Figure n°109 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C

A cette station, le substrat est majoritairement composé de coraux morts encroûtés (respectivement 56.5%, 69.5%, 60.5%) par une multitude d'organismes vivants (dont des algues calcaires) : de ce fait, cette station est remarquable par sa couverture biotique, respectivement : 100%, 97.5% et 95.5%.
Les coraux scléractiniaires sont très moyennement représentés avec respectivement 15%, 12% et 11.5%.
A noter : 0.5% de cyanobatéries en A et C et 1% en B.

Globalement, la station est stable.

4.9.2 Le benthos (ST09)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Bancs Kié (ST09) est composée de 103 espèces coralliennes, de 72 espèces d'invertébrés, de 15 espèces de macrophytes et aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **103 espèces coralliennes** (dont 97 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones, une espèce de stolonifère).
  Les familles scléractiniaires (97 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (29 taxons), les Acroporidae (16 taxons), les Mussidae (10 taxons), les Dendrophylliidae (7 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Pectiniidae (5 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Siderastreidae (5 taxons), les Fungiidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 20/97 espèces de scléractiniaires (20,6%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 1,07% de la surface totale observée.
- **72 espèces d'invertébrés** dont 25 espèces de mollusques ; 13 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), actiniaires (2 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : échinidés (7 taxons), astéries (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 11 espèces d'ascidies.
- **15 espèces de macrophytes** : algues vertes (11 taxons), algues rouges (3 taxons), algues brunes (1 taxon).
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**



Photo n°25 : Vue d'ensemble des transects (ST09)

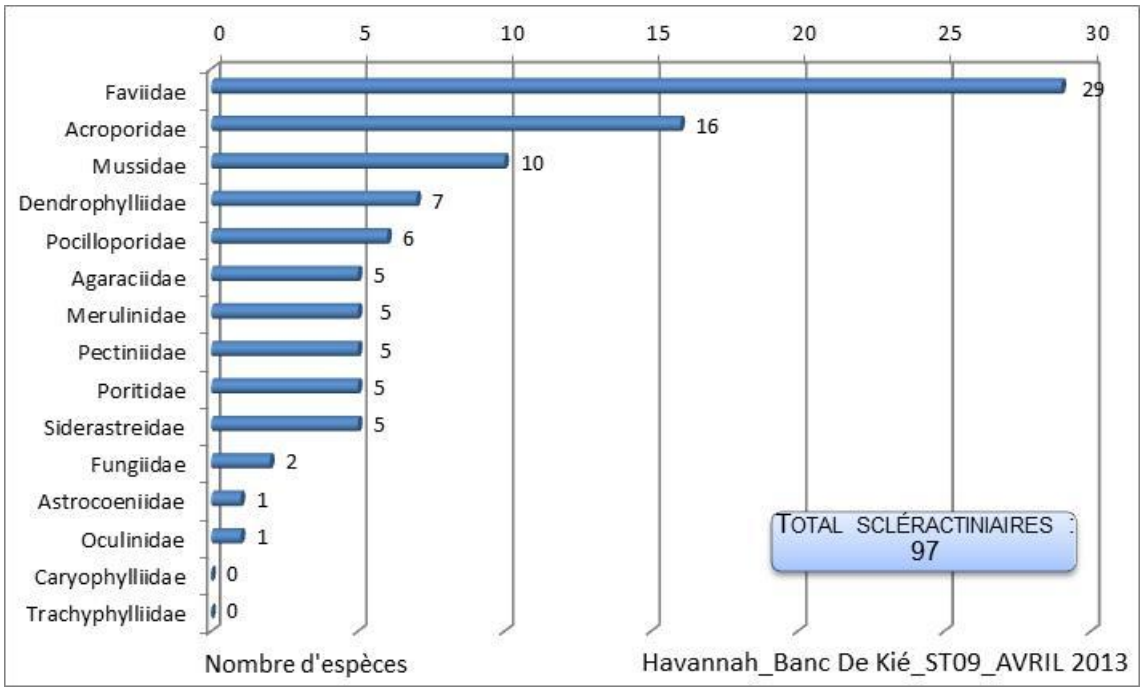


Figure n°110 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST09)

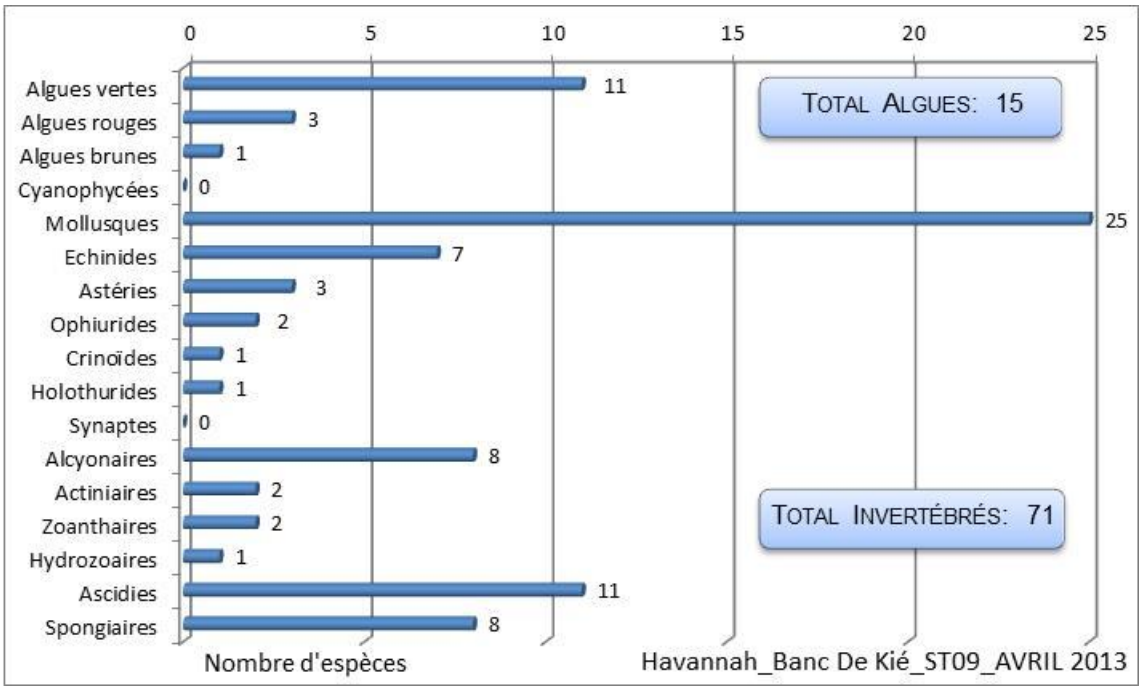


Figure n°111 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)

4.9.2.1 Benthos Transect 09 A

4.9.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST09A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST09A est composée de 68 espèces coralliennes dont 64 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (encroûtant), 2 espèces de gorgones et une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (64 taxons au sein de 10 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (20 taxons), les Acroporidae (15 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Dendrophylliidae (3 taxons), les Merulinidae (3 taxons), les Agaraciidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).

Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Fungiidae, des Pectiniidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 5/64 espèces de scléractiniaires (7,8%).
Le blanchissement visuel est de 0,5% de la surface du couloir.

Les colonies s'édifiant dans les conditions environnementales extrêmes de ce banc sont particulièrement résistantes et robustes.

Tableau n°183 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST09A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
4 espèces : •*Goniastrea australiensis* (A2), •*Lobophyllia hattaii* (A1), •*Symphyllia* sp. (A1), •*Psammocora haimeana* (A2).	19 espèces : •*Acropora* (tabulaire) (3spp., A5/+1) •*Montipora undata* (A2/+ 1), •*Montipora verrucosa* (A2/+ 1), •*Tubastraea* sp. (A4/+ 2), •*Turbinaria radicalis* (A2/+ 1), •*Turbinaria stellulata* (A2/+ 1), •*Cyphastrea serailia* (A2/+ 1), •*Favites* spp. (3spp., A3/+ 1), •*Goniastrea favulus* (A2/+ 1), •*Platygyra sinensis* (A2/+ 1), •*Scapophyllia cylindrica* (A2/+ 1), •*Acanthastrea bowerbanki* (A2/+ 1), •*Pocillopora damicornis* (A3/+ 1), •*Porites lobata* (A3/+ 1), •*Psammocora profundacella* (A2/+1)	5 espèces blanchies (7,8%) : ➢ Aucune espèce précédemment blanchie. ➢ 5 espèces nouvellement blanchies (7,8%) : •*Acropora* (branchu) (1spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2, N), •*Seriatopora calendrium* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
7 espèces : •*Millepora* (submassif) (A0/-1), •*Stylocoeniella armata* (A0/-1), •*Cyphastrea microphtalma* (A0/-1), •*Cyphastrea* sp. (A0/-2), •*Favia rotundata* (A0/-1), •*Hydnophora rigida* (A0/-2), •*Lobophyllia hemprichii* (A0/-1).	Aucune	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°184 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST09A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	15	15	14	13	12	12	12	11	7
Agaraciidae	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Astrocoeniidae	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	3	3	3	3	3	4	4	3	3
Faviidae	20	22	19	17	16	17	16	15	11
Fungiidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Merulinidae	3	4	4	2	2	3	3	3	1
Mussidae	5	4	3	3	3	3	2	1	3
Oculinidae	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Pectiniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pocilloporidae	6	6	6	5	5	5	5	5	4
Poritidae	5	5	5	5	4	4	4	4	2
Siderastreidae	4	3	3	3	3	4	4	3	2
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**64**	**66**	**61**	**55**	**52**	**56**	**54**	**49**	**37**

Tableau n°185 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST09A)

Degré de liberté	ddl	70
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**6.48**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 185).

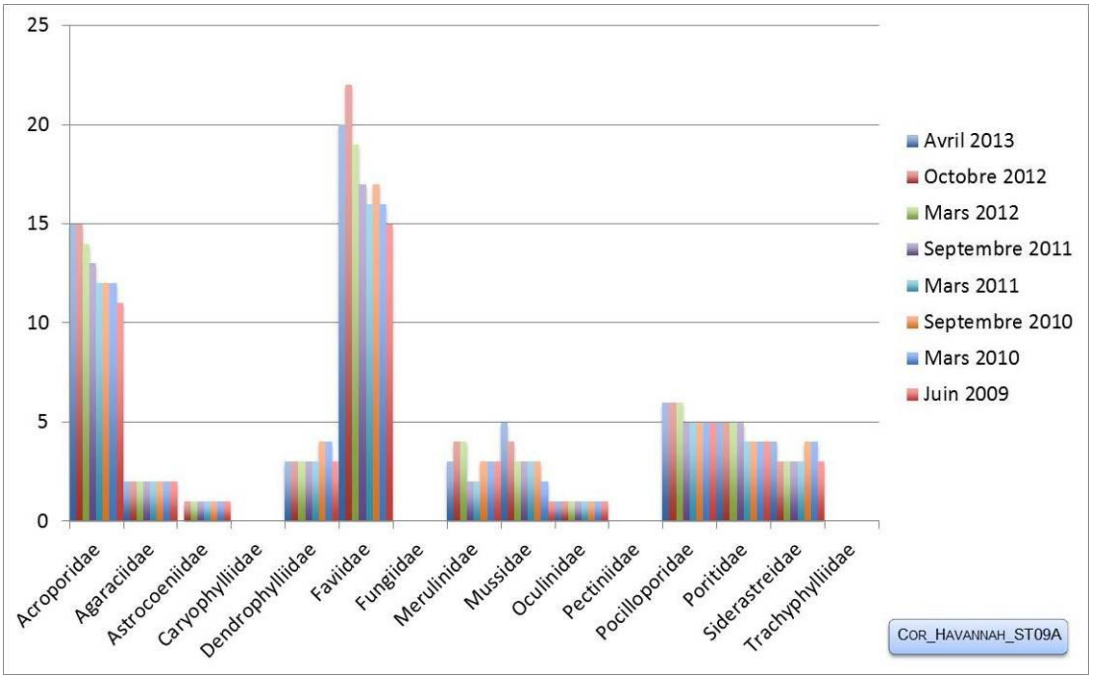


Figure n°112 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST09A)

4.9.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST09A est composée de 40 espèces d'invertébrés dont 10 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : échinidés (6 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 8 espèces d'ascidies, et de 10 espèces de macrophytes : algues vertes (7 taxons), algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Les conditions hydrodynamiques favorisent le développement de nombreuses espèces (adaptation). Désormais le développement le plus important concerne les espèces les plus résistantes et adaptées aux conditions hydrodynamiques intenses (alcyonaires, échinodermes, ascidies et macrophytes).
Les groupes biotiques ayant une certaine mobilité (mollusques, échinodermes…) sont également variés mais ils colonisent de préférence les niveaux bathymétriques inférieurs du récif où les courants sont plus modérés. Leur abondance varie beaucoup selon les missions et les saisons.

Tableau n°186 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST09A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Caulerpa* sp. (2spp./+1spp.) (A2) ; 4 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-3) ; et 3 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (-3spp., A0/-3)	3 espèces d'algues augmentent, dont 1 algues brunes : •*Turbinaria ornata* (A5/+ 3) ; et 2 algues vertes : •*Codium spongiosum* (A2/+ 1), •*Bornetella oligospora* (A3/+ 1) 3 espèces d'algues diminuent, dont 2 algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A4/- 1), •*Amphiroa* sp. (A2/- 1) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A2/- 1).
Cyanobactéries	
1 espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2)	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A3)	3 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Rhytisma* sp. (A3/+ 1), •*Dendronephthya* sp. (A3/+ 1), •*Nephthea* sp. (A5/+ 2).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema savignyi* (A1) ; ➢ pour les ophiurides (1 sp) : •Ophiure ind. (A4). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 sp) : •*Linckia laevigata* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 sp) : •*Actinopyga echinites* (A0/-1)	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A5/+ 1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinostrephus aciculatus* (A3/+ 1).
Mollusques	
5 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (2 sp) : •*Arca ventricosa* (A2), •*Pedum spondyloideum* (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (3 sp) : •*Conus vexillum* (A1), •*Coralliophila* sp. (A2), •*Latirolagena smaragdula* (A1). 1 espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Conus miles* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Conus* sp. (A2/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A1/- 1).
Éponges	
1 espèce d'éponges disparue : •*Leucetta chagosensis* (A0/-2)	1 espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona orientalis* (A4/+ 1)
Ascidies	
1 nouvelle sp d'ascidies recensée : •*Polycarpa cryptocarpa* (A2)	1 sp d'ascidies diminue d'abondance : •*Didemnum molle* (A3/-1)
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°187 : *Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST09A)*

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	7	6	6	6	6	8	8	7	7
Actiniaires	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	6	5	4	3	0	0	0	0	0
Holothurides	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Spongiaires	3	4	4	4	3	3	5	6	6
Mollusques	10	6	6	5	2	2	3	2	1
Ascidies	8	7	7	8	5	5	5	6	5
Total	**42**	**36**	**34**	**34**	**21**	**23**	**27**	**28**	**23**

Tableau n°188 : *Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST09A)*

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**39.61**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 188).

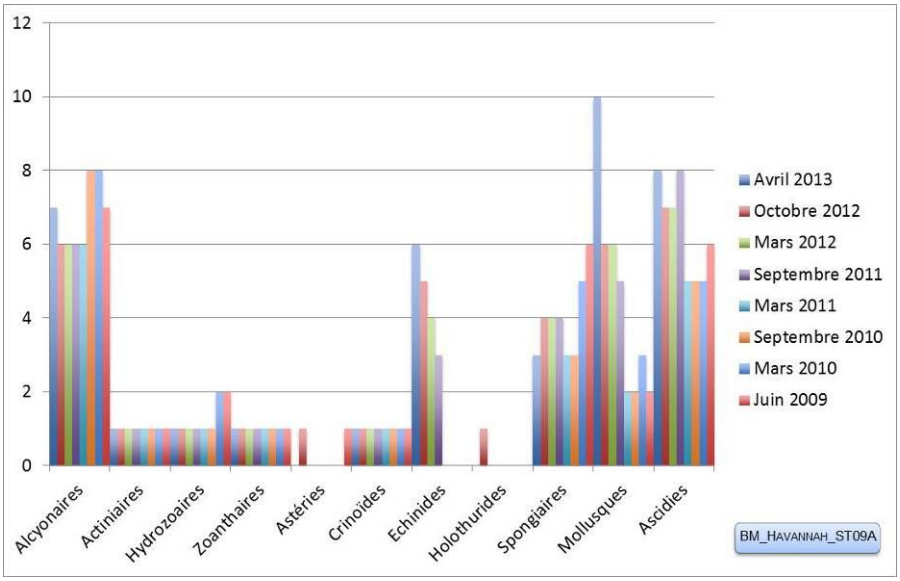


Figure n°113 : *Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST09A)*

4.9.2.2 Benthos Transect 09 B

4.9.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST09B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST09B est composée de 83 espèces coralliennes dont 77 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones et une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (77 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (20 taxons), les Acroporidae (12 taxons), les Mussidae (9 taxons), les Dendrophylliidae (6 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Merulinidae (4 taxons), les Pectiniidae (4 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Fungiidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 20/77 espèces de scléractiniaires (26%).
Le blanchissement visuel est de 1,6% de la surface du couloir.

Tableau n°189 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST09B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
14 espèces : •*Acropora* (tabulaire) (3spp./+1spp.) (A4), •*Montipora undata* (A1), •*Coeloseris mayeri* (A1), •*Pavona duerdeni* (A1), •*Goniastrea australiensis* (A2), •*Platygyra sinensis* (A2), •*Hydnophora microconos* (A2), •*Acanthastrea bowerbanki* (A2), •*Lobophyllia hattaii* (A1), •*Scolymia australis* (A2), •*Scolymia vitiensis* (A2), •*Oxypora glabra* (A1), •*Psammocora contigua* (A1), •*Psammocora superficialis* (A2).	14 espèces : •*Acropora* (tabulaire) (3spp., A4/+ 1), •*Montipora verrucosa* (A2/+ 1), •*Pavona explanulata* (A2/+ 1), •*Tubastraea* sp. (A4/+ 2), •*Turbinaria stellulata* (A2/+ 1), •*Echinopora gemmacea* (A2/+ 1), •*Echinopora lamellosa* (A2/+ 1), •*Goniastrea favulus* (A2/+ 1), •*Hydnophora pilosa* (A2/+ 1), •*Acanthastrea echinata* (A3/+ 1), •*Porites lobata* (A3/+ 1), •*Psammocora haimeana* (A2/+ 1).	20 espèces blanchies (26%) : ➢ Une seule précédemment blanchie •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2, N) ➢ 19 nouvellement blanchies (24,7%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (3spp.B*, B2, N), •*Pachyseris speciosa* (B1, N), •*Echinopora gemmacea* (B1, N), •*Echinopora lamellosa* (B1, N), •*Favia* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Favites* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Leptoria phrygia* (B1, N), •*Hydnophora exesa* (B1, N), •*Hydnophora pilosa* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Pocillopora damicornis* (B1, N), •*Pocillopora meandrina* (B1, N), •*Seriatopora calendrium* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N), •*Coscinaraea columna* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
4 espèces : •Gorgone ind.sp. (3spp./-1spp.A2/-0), •*Acropora* (branchu) (3spp./-1spp.A3/-1) •*Turbinaria reniformis* (A0/-1), •*Hydnophora grandis* (A0/-2).	7 espèces : •*Acropora* (branchu) (3spp., A3/- 1), •*Astreopora moretonensis* (A1/- 1), •*Pectinia lactuca* (A1/- 1), •*Pocillopora damicornis* (A2/- 1), •*Seriatopora histrix* (A2/- 1).	➢ aucune espèce n'a réintégré ses zooxanthelles ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ni se réduire.

Tableau n°190 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST09B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	12	11	11	10	9	9	9	9	6
Agaraciidae	5	3	3	3	3	2	2	1	2
Astrocoeniidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	6	7	6	6	6	6	6	5	5
Faviidae	20	18	13	13	10	10	10	9	8
Fungiidae	2	2	3	1	0	0	0	0	0
Merulinidae	4	4	4	4	3	3	3	2	2
Mussidae	9	5	5	5	5	5	4	4	4
Oculinidae	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	4	3	3	3	3	3	3	3	1
Pocilloporidae	5	5	5	5	6	6	6	5	4
Poritidae	4	4	4	4	4	4	4	4	3
Siderastreidae	4	2	1	1	1	1	1	1	2
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**77**	**66**	**60**	**57**	**52**	**51**	**50**	**45**	**39**

Tableau n°191 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST09B)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**26.02**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 191).

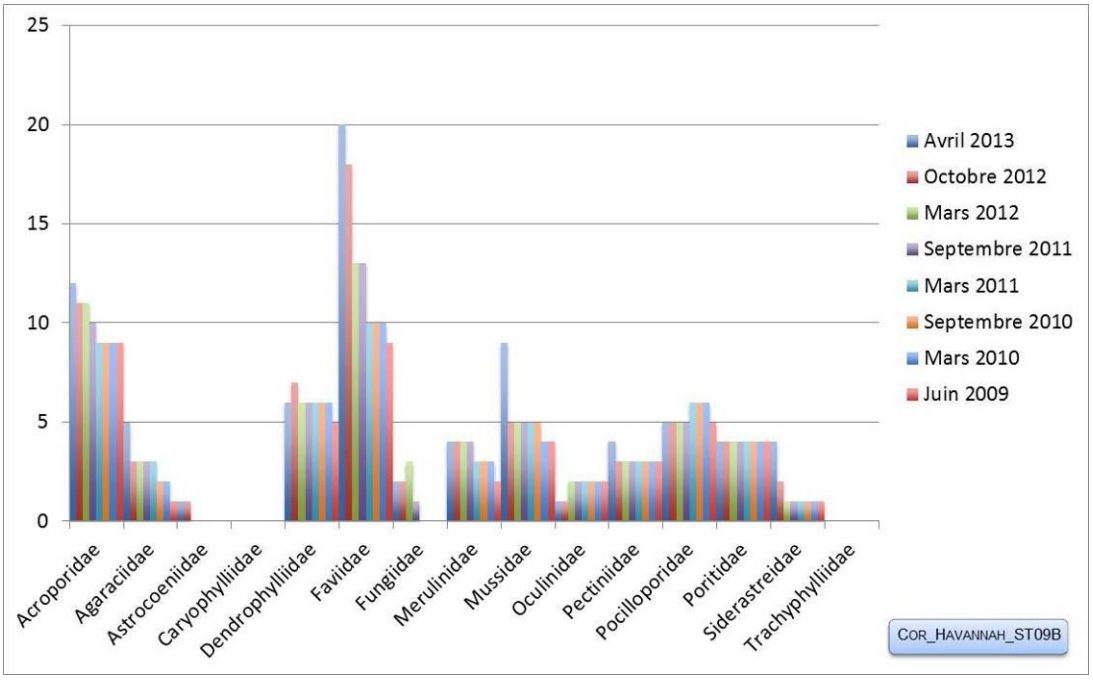


Figure n°114 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST09B)

4.9.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST09B est composée de 64 espèces d'invertébrés dont 20 espèces de mollusques ; 13 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), actiniaires (2 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : échinidés (7 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 10 espèces d'ascidies, et de 15 espèces de macrophytes : algues vertes (11 taxons), algues rouges (3 taxons), algues brunes (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

L'abondance et la richesse spécifique des macrophytes varient selon les périodes de prospection (saisonnalité). Ce phénomène peut être amplifié par l'intensité des courants de marée qui arrachent plus rapidement les thalles algaux.

Tableau n°192 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST09B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A3) ; et l'algue rouge : •*Gibsmithia hawaiiensis* (A1). 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-4) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (1spp./-1spp., A2/-1).	3 espèces d'algues augmentent, vertes : •*Codium spongiosum* (A4/+ 2), •*Bornetella oligospora* (A5/+ 2), •*Dictyosphaeria verluysii* (A4/+ 1). 2 espèces d'algues diminuent, dont l'algue rouge : •*Amphiroa* sp. (A3/- 1) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2/- 1).
Cyanobactéries	
/	/
Cnidaires	
4 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (2 sp) : •*Rhytisma* sp. (A3), •*Dendronephthya* sp. (2spp./+1spp.) (A3) ; ➢ pour les actiniaires (2 sp) : •*Heteractis* sp. (A1), •*Stichodactyla* sp. (A1).	3 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (3 espèces) : •*Dendronephthya* sp. (2spp., A3/+ 1), •*Nephthea* sp. (A4/+ 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 sp) : •*Linckia multifora* (A1) ; ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Echinometra mathaei* (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 sp) : •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 sp) : •*Holothuria whitmaei* (A0/-2)	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A2/+1) ➢ pour les crinoïdes (1 sp) : •sp ind. (A4/+ 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 sp) : •sp ind. (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema* sp. (A1/- 1).
Mollusques	
13 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (5 sp) : •*Arca ventricosa* (A2), •*Pinna* sp. (A1), •*Pteria* sp. (A2), •*Pedum spondyloideum* (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (8 sp) : •*Conus vexillum* (A2), •*Coralliophila violacea* (A2), •*Pteristernia reincarnata* (A1), •*Chicoreus* sp. (A1), •*Drupa rubusidaeus* (A1), •*Turbo petholatus* (A1), •*Vasum turbinellus* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Lambis lambis* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Latirolagena smaragdula* (A2/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Turbo setosus* (A1/- 1).
Éponges	
Une nouvelle éponges recensée : •*Stellata globostellata* (A2) 3 éponges disparues : *Dactylia delicata* (A0/-2), Spongiaires ind. (rouge) (A0/-2), *Clathria rugosa* (A0/-2).	☑
Ascidies	

Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa pigmentata (*A2). Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa clavata (*A0/-2).	6 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Atriolum robustum (*A3/+ 1), •*Didemnum* sp. (blanche) (A3/+ 1), •Encroûtante verte (A3/+ 1), •Encroûtante violet blanc (A3/+ 1), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A3/+ 2)
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°193 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST09B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	8	6	6	5	6	8	8	9	8
Actiniaires	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	2	2	3	2	1	0	0	0	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	7	6	5	4	2	1	1	1	1
Holothurides	1	2	2	2	1	2	1	0	5
Spongiaires	7	9	6	7	6	6	6	5	5
Mollusques	20	8	5	3	0	0	0	0	0
Ascidies	10	10	12	11	6	6	7	7	6
Total	**65**	**53**	**47**	**41**	**26**	**27**	**27**	**26**	**28**

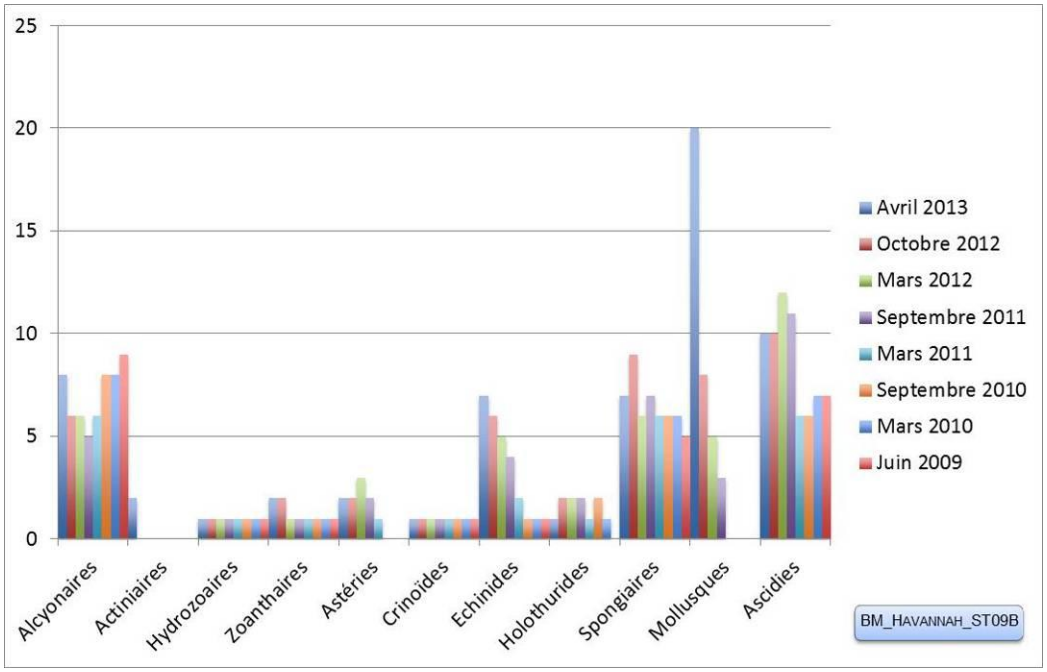


Figure n°115 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST09B)

Tableau n°194 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST09B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**70.13**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 194).

4.9.2.3 Benthos Transect 09 C

4.9.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST09C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST09C est composée de 67 espèces coralliennes dont 61 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones, une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (61 taxons au sein de 12 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (17 taxons), les Acroporidae (10 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Agaraciidae (3 taxons), les Merulinidae (3 taxons), les Poritidae (3 taxons), les Fungiidae (2 taxons), les Pectiniidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 10/61 espèces de scléractiniaires (16,4%).
Le blanchissement visuel est de 1,1% de la surface du couloir.

Tableau n°195 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST09C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
11 espèces : •*Favia maxima* (A1), •*Goniastrea australiensis* (A2), •*Leptastrea inaequalis* (A2), •*Fungia* spp. (2spp.) (A2), •*Acanthastrea bowerbanki* (A2), •*Scolymia australis* (A2), •*Oxypora glabra* (A1), •*Psammocora contigua* (A1), •*Psammocora haimeana* (A2), •*Psammocora profundacella* (A2).	10 espèces : •*Acropora* (tabulaire) (2spp., A4/+ 2), •*Tubastraea* sp. (A4/+ 2), •*Barabattoia amicorum* (A2/+ 1), •*Echinopora lamellosa* (A2/+ 1), •*Hydnophora microconos* (A2/+ 1), •*Lobophyllia hattaii* (A2/+ 1), •*Scolymia vitiensis* (A2/+ 1), •*Galaxea fascicularis* (A3/+ 1), •*Coscinaraea columna* (A2/+ 1).	10 espèces blanchies (16, 4%) : ➢ Aucune précédemment blanchie. ➢ 10 nouvellement blanchies (16, 4%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2, N), •*Echinopora lamellosa* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Pocillopora damicornis* (B1, N), •*Seriatopora calendrium* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N), •*Coscinaraea columna* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
3 espèces : •*Turbinaria reniformis* (A0/-1), •*Goniastrea* sp. (A0/-1), •*Mycedium elephantotus* (A0/-1).	4 espèces : •*Acropora* (branchu) (3spp., A2/- 1), •*Pocillopora damicornis* (A2/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°196 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST09C)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	10	10	10	10	8	8	8	8	6
Agaraciidae	3	3	2	2	2	2	2	1	1
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	5	6	6	6	6	6	6	4	4
Faviidae	17	15	13	12	10	10	10	7	6
Fungiidae	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Merulinidae	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Mussidae	6	4	4	4	2	2	2	2	1
Oculinidae	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Pectiniidae	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Pocilloporidae	5	5	5	5	5	5	5	4	4
Poritidae	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Siderastreidae	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**61**	**53**	**50**	**48**	**41**	**41**	**41**	**33**	**28**

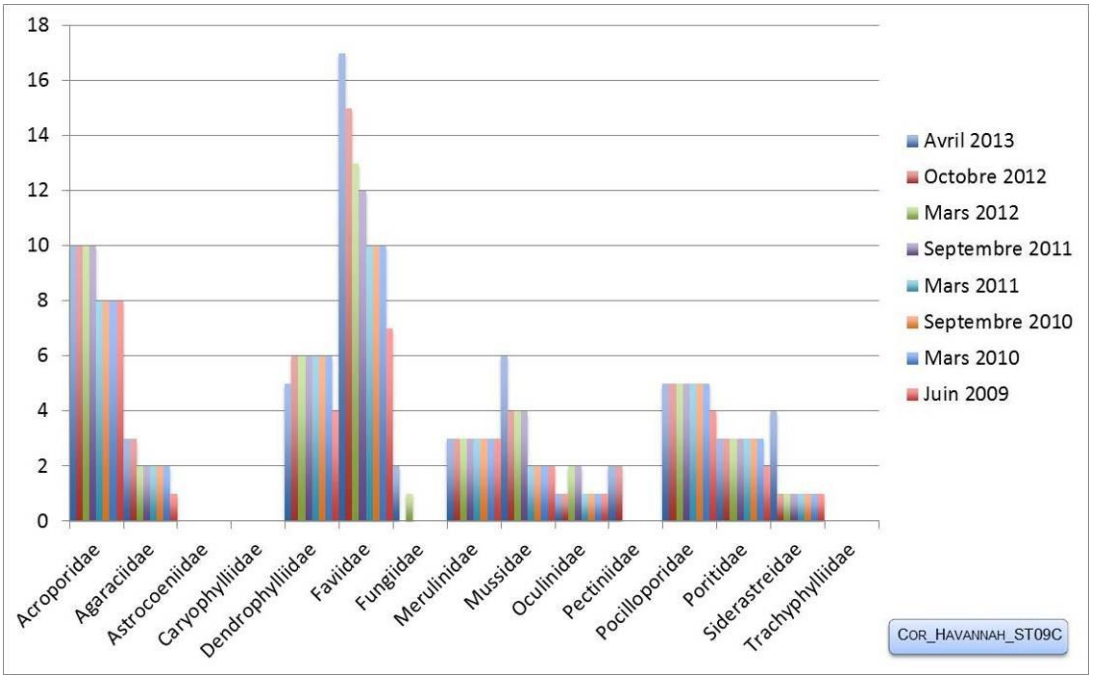


Figure n°116 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST09C)

Tableau n°197 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST09C)

Degré de liberté	ddl	77
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**27.73**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	98.484

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 197).

4.9.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST09C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST09C est composée de 46 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : échinidés (6 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 10 espèces d'ascidies, et de 9 espèces de macrophytes : algues vertes (8 taxons), algues rouges (1 taxon). Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Comme pour le transect supérieur l'abondance et la richesse spécifique des macrophytes varient énormément selon les périodes de prospection (saisonnalité).

Tableau n°198 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST09C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 7 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2) ; et 3 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-2), •*Gibsmithia hawaiiensis* (A0/-1), •*Trichogloea requienii* (A0/-4) ; et 3 espèces d'algues vertes : •*Caulerpa* sp. (-2spp., A0/-2), •*Halimeda* sp. (1spp./-1spp., A3/-1).	4 espèces d'algues augmentent, vertes : •*Codium platyclados* (A5/+ 3), •*Codium* sp. (A4/+ 1), •*Codium spongiosum* (A5/+ 2), •*Bornetella oligospora* (A5/+ 2) 3 espèces d'algues diminuent, dont l'algue rouge : •*Amphiroa* sp. (A3/- 1) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (A3/- 1), •*Chlorodesmis fastigiata* (A2/- 1).
Cyanobactéries	
/	/
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires : •*Rhytisma* sp. (A2). 1 espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les actiniaires : •*Heteractis magnificus* (A0/-1)	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Dendronephthya* sp. (A3/+ 1), •*Nephthea* sp. (A3/+ 1). 1 espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Lobophytum* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A2), •*Nardoa gomophia* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 sp) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Fromia milleporrella* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 sp) : •*Holothuria atra* (A0/-2)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Thelenota ananas* (A2/+ 1).
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Spondylus* sp. (A1) ; ➢ pour les gastéropodes (3 sp) : •*Drupa morum* (A1), •*Astraea rhodostoma* (A1), •*Turbo setosus* (A2). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes : •*Conus distans* (A0/-1), •*Pteristernia reincarnata* (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Turbo* sp. (A1/- 1).
Éponges	
1 espèce d'éponges disparue : •sp ind. (beige, lamelle) (A0/-2)	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa pigmentata* (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Didemnum molle* (A3/+1), •*Didemnum* sp. (blanche) (A3/+1)
Bryozoaires	

/	/

Tableau n°199 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST09C)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	7	6	6	6	6	6	6	6	6
Actiniaires	1	2	2	2	2	2	2	2	1
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	2	2	2	2	0	0	0	3	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	6	6	4	3	1	1	1	1	1
Holothurides	1	2	0	0	0	0	0	1	0
Spongiaires	6	7	6	7	6	6	7	7	5
Mollusques	6	4	0	1	0	0	0	0	1
Ascidies	10	9	12	11	6	7	7	7	6
Total	**47**	**46**	**40**	**39**	**25**	**26**	**27**	**31**	**23**

Tableau n°200 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST09C)

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**43.89**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 200).

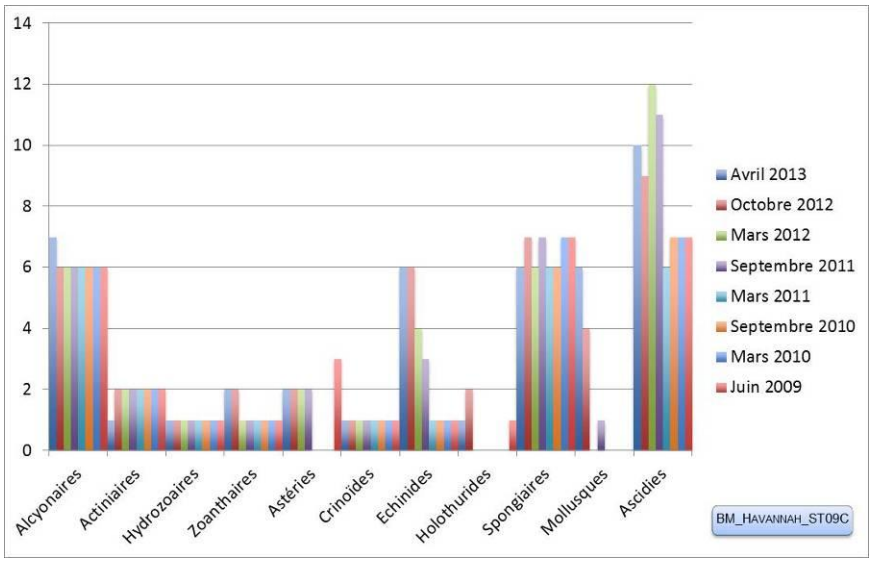


Figure n°117 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST09C)

4.9.3 Les poissons (ST09)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[12] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 201.

Tableau n°201 : Données sur les poissons (ST09)

Banc Kié ST09		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus olivaceus*	2	0,03	2,92							0,67	0,01	0,97
Aca	*Ctenochaetus striatus*	6	0,08	2,00	3	0,04	0,53	3	0,04	0,95	4,00	0,05	1,16
Ant	*Pseudanthias bicolor*				100	1,25	18,225	30	0,38	5,47	43,33	0,54	7,90
Ant	*Pseudanthias dispar*				20	0,25	3,65				6,67	0,08	1,22
Ant	*Pseudanthias pascalus*	50	0,63	12,50				20	0,25	6,09	23,33	0,29	6,20
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	15	0,19	1,92							5,00	0,06	0,64
Ant	*Pseudanthias ventralis*	5	0,06	0,43				15	0,19	1,29	6,67	0,08	0,57
Can	*Canthigaster valentini*	1	0,01	0,01				1	0,01	0,01	0,67	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,67							0,67	0,01	0,22
Cha	*Chaetodon citrinellus*	4	0,05	0,22	3	0,0375	0,162				2,33	0,03	0,13
Cha	*Chaetodon kleinii*	5	0,06	0,16	5	0,06	0,27	2	0,03	0,06	4,00	0,05	0,16
Cha	*Chaetodon melannotus*				3	0,04	0,16				1,00	0,01	0,05
Cha	*Chaetodon mertensii*	3	0,04	0,55	2	0,03	0,36				1,67	0,02	0,30
Cha	*Chaetodon pelewensis*				1	0,01	0,25	2	0,03	0,26	1,00	0,01	0,17
Cha	*Chaetodon plebeius*	5	0,04	0,10							1,67	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon speculum*							3	0,04	0,38	1,00	0,01	0,13
Cha	*Chaetodon trifascialis*				2	0,025	0,108				0,67	0,01	0,04
Cha	*Heniochus acuminatus*				2	0,02	3,2				0,67	0,01	1,07
Epi	*Cephalopholis urodeta*				2	0,03	3,27				0,67	0,01	1,09
Lab	*Bodianus perditio*	2	0,02	2,67				1	0,01	2,00	1,00	0,01	1,56
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,84	1	0,01	0,84	1	0,01	0,25	1,00	0,01	0,65
Lab	*Choerodon jordani*							1	0,01	2,60	0,33	0,00	0,87
Lab	*Hemigymnus melapterus*	3	0,04	4,37							1,00	0,01	1,46
Lab	*Labroides dimidiatus*				7	0,09	0,38				2,33	0,03	0,13
Lab	*Stethojulis bandanensis*	2	0,03	0,21							0,67	0,01	0,07
Lab	*Thalassoma hardwicke*	20	0,25	5,00							6,67	0,08	1,67
Lab	*Thalassoma lunare*	10	0,13	1,28	7	0,09	1,75	5	0,06	0,64	7,33	0,09	1,22
Lab	*Thalassoma lutescens*	10	0,13	2,64				4	0,05	0,26	4,67	0,06	0,97
Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	40	0,50	5,12				15	0,19	0,81	18,33	0,23	1,98
Mul	*Parupeneus multifasciatus*	5	0,06	1,25							1,67	0,02	0,42
Nem	*Scolopsis bilineatus*				4	0,05	3,38	5	0,06	4,22	3,00	0,04	2,53
Poc	*Centropyge bicolor*	4	0,05	0,22	3	0,04	0,16	3	0,04	0,16	3,33	0,04	0,18
Poc	*Centropyge bispinosa*	4	0,05	0,34	1	0,01	0,05	2	0,03	0,11	2,33	0,03	0,17
Poc	*Centropyge tibicen*	5	0,06	0,27	3	0,04	0,16	3	0,04	0,16	3,67	0,05	0,20
Poc	*Pomacanthus imperator*				1	0,01	6,75				0,33	0,00	2,25
Pom	*Amphiprion clarkii*	7	0,09	0,48				5	0,06	0,64	4,00	0,05	0,37
Pom	*Chromis fumea*							40	0,50	2,16	13,33	0,17	0,72
Pom	*Chromis leucura*							15	0,19	0,47	5,00	0,06	0,16
Pom	*Chrysiptera taupou*	35	0,44	0,24	20	0,25	0,14	20	0,25	0,63	25,00	0,31	0,33
Pom	*Dascyllus reticulatus*	30	0,38	0,20	10	0,13	0,07				13,33	0,17	0,09
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				15	0,19	0,17	15	0,19	0,10	10,00	0,13	0,09
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	15	0,1875	0,24	10	0,13	0,16	3	0,04	0,05	9,33	0,12	0,15
Sig	*Siganus vulpinus*	2	0,03	1,10							0,67	0,01	0,37
Total		**293**	**3,63**	**47,92**	**225**	**2,81**	**44,20**	**214**	**2,67**	**29,76**	**244**	**3,04**	**40,63**
Biodiversité		**28**			**23**			**24**			**43**		
Indice de Shannon =		4,420											
Equitabilité =		0,815											

[12] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Sur l'ensemble des transects de la station, 732 individus appartenant à 43 espèces différentes (tableau 201) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 3.04 poissons/m² pour une biomasse de 40.63 g/m².
98 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 202).

Tableau n°202 : Liste des espèces complémentaires (ST09)

Banc Kié ST09					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Cir	*Cirrhitichthys falco*	Mul	*Parupeneus barberinoides*
Aca	*Acanthurus mata*	Cir	*Cyprinocirrhites polyactis*	Mul	*Parupeneus barberinus*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Cir	*Paracirrhites forsteri*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Epi	*Cephalopholis urodeta*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*
Aca	*Naso caesius*	Epi	*Epinephelus fasciatus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Naso lituratus*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Ost	*Ostracion cubicus*
Aca	*Naso unicornis*	Epi	*Variola louti*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Prionurus maculatus*	Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Ant	*Pseudanthias bicolor*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Ant	*Pseudanthias dispar*	Lab	*Bodianus perditio*	Poc	*Pomacanthus imperator*
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Ant	*Pseudanthias pascalus*	Lab	*Choerodon anchorago*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	Lab	*Choerodon jordani*	Pom	*Chromis fumea*
Ant	*Pseudanthias ventralis*	Lab	*Cirrhilabrus laboutei*	Pom	*Chromis leucura*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Chromis margaritifer*
Bal	*Pseudobalistes flavimarginatus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Coris dorsomacula*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pte	*Pterelectris evides*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	Sca	*Chlorurus microrhinos*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	Sca	*Scarus bleekeri*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sig	*Siganus punctatus*
Cha	*Heniochus chrysostomus*	Let	*Lethrinus olivaceus*	Sig	*Siganus vulpinus*
Cha	*Heniochus varius*	Lut	*Lutjanus bohar*		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 203 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 118.

Tableau n°203 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST09)

Familles	Bancs Kié ST09									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	6	6	6	5	1	3	6	5	3	**2**
Anthiinidae	3	4	2	2	3	3	4	4	5	**5**
Canthigasteridae		1	2	1		1	1	1	1	**1**

Carangidae				1		1				
Carcharhinidae						1				
Chaetodontidae	5	3	6	3	5	9	9	8	6	**10**
Epinephelinae	2	4	2	3	2	1	1	3	1	**1**
Labridae	6	6	6	6	6	9	11	11	8	**10**
Lutjanidae	1		1			2				
Mullidae	1	1	1	1	1	2	2	1	2	**1**
Nemipteridae			1	1		1			1	**1**
Pomacanthidae	6	3	3	3	4	5	3	4	5	**4**
Pomacentridae	4	3	2	3	4	3	3	7	3	**7**
Scaridae	2	1	2	3	1	2	6		2	
Siganidae			1	2	1		2	1		**1**
Total espèces	**36**	**32**	**35**	**34**	**28**	**33**	**48**	**45**	**37**	**43**
Total familles	**10**	**10**	**13**	**13**	**10**	**13**	**11**	**10**	**11**	**11**

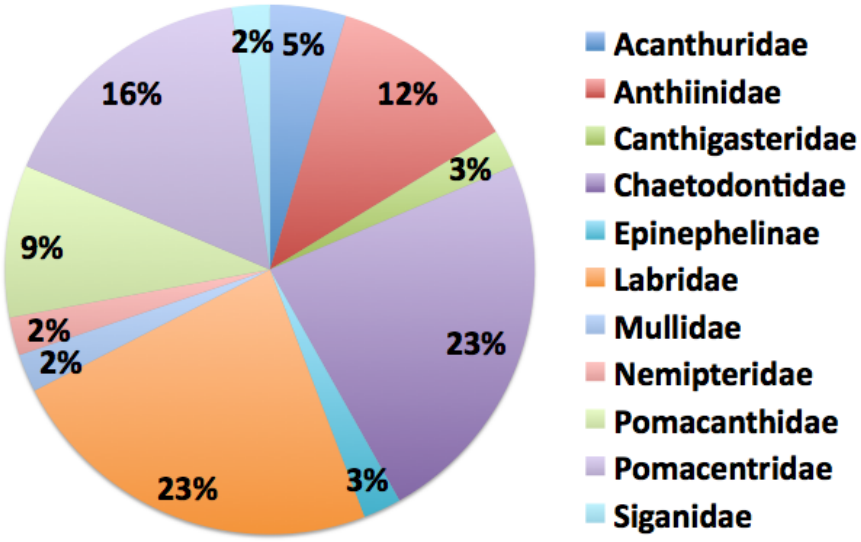


Figure n°118 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST09)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 204), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°204 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2012 (ST09)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
85,93	126	157,09	11/15

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 205 et la figure 119.

Tableau n°205 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09)

Peuplement de poissons STO9 – Banc KIE		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	293,00	3,63	47,92	28		
	Transect B	225,00	2,81	44,20	23		
	Transect C	214,00	2,67	29,76	24		
	Moy. ABC	244,00	3,04	40,63	43	82	98
2012 b	Moy. ABC	157,67	1,96	99,48	37	66	95
2012 a	Moy. ABC	176,67	2,18	96,25	45	75	100
2011 b	Moy. ABC	117,00	1,42	118,86	48	66	91
2011 a	Moy. ABC	154,00	1,81	593,06	39	58	89
2010 b	Moy. ABC	133	1,35	10,62	28	53	75
2010 a	Moy. ABC	61,33	1,66	303,36	34	43	66
2009	Moy. ABC	22	4,01	62,69	35	58	60
2008	Moy. ABC	208,67	4,21	273,92	32	50	62
2007	Moy. ABC	145,33	4,13	607,71	36	48	55

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 206 et représentation figure 120.

Les 3 premiers paramètres présentent d'importantes variations : plus de 150 % pour la biomasse. La biomasse sur les transects est faible, bien que la densité soit plutôt élevée. Les grosses espèces commerciales, que l'on retrouve dans les indicateurs Biodiv.2 et Biodiv.3 sont pourtant là, mais ne se sont pas déplacées pour figurer sur les transects (Biodiv.1).

Tableau n°206 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

	Nb ind.	**Densité**	**Biom.**	**Biodiv.1**	**Biodiv.2**	**Biodiv.3**
Variance	4 213,98	1,40	4 8562,25	44,10	152,32	295,73
Coef. de Var.	0,46	0,46	1,00	0,17	0,21	0,22

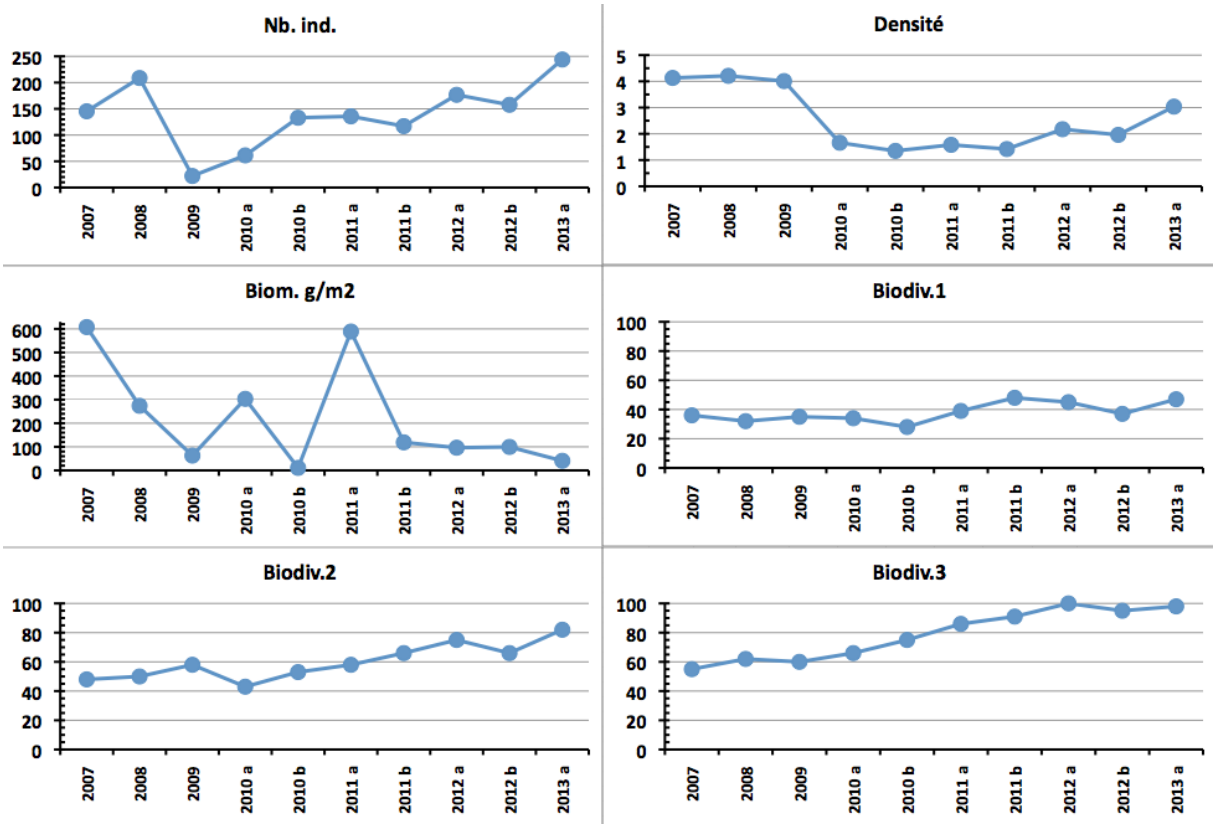


Figure n°119 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

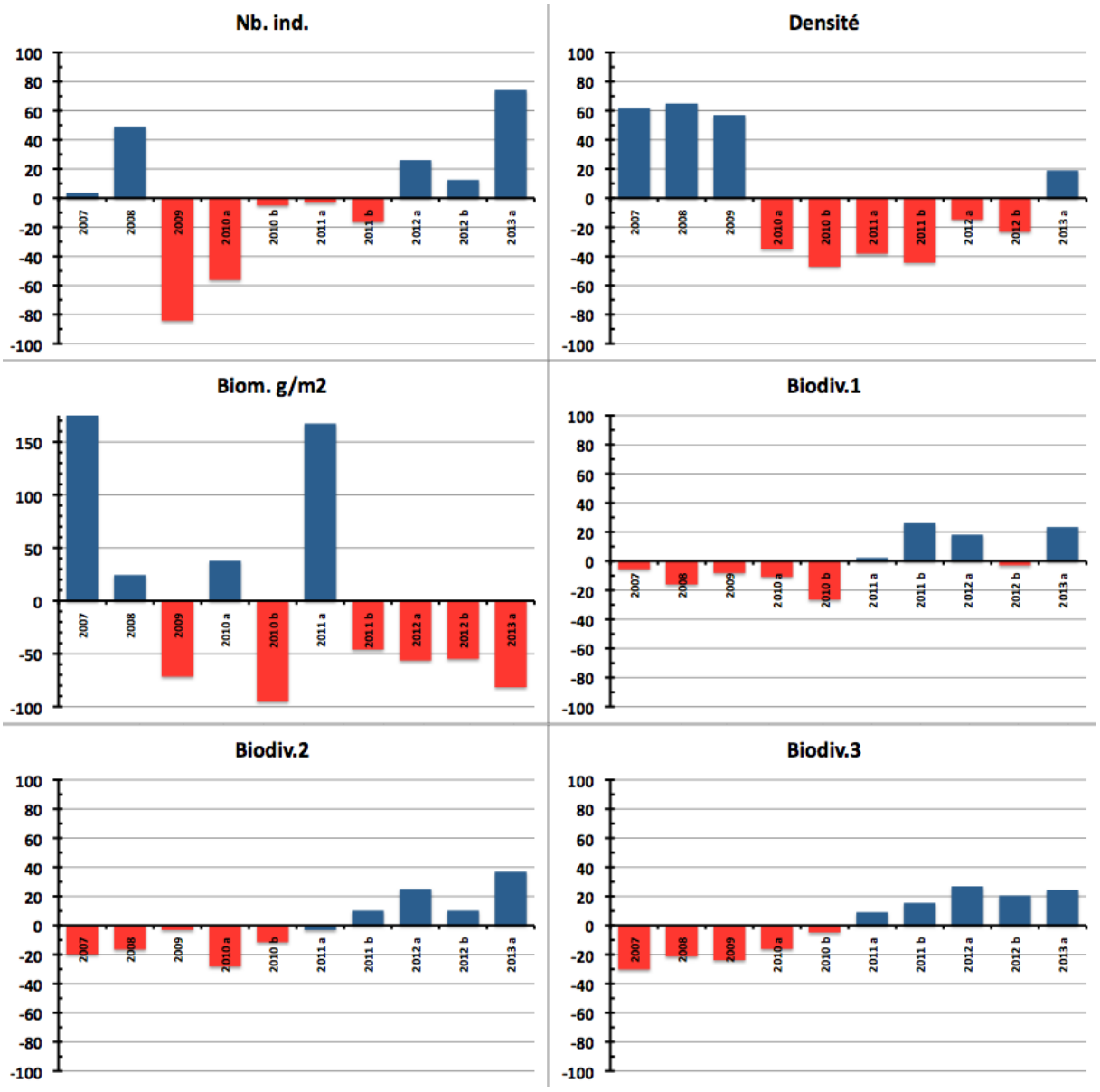


Figure n°120 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

4.10 Station 10 = Ilot Kié

Localisation géographique	Partie nord-ouest de l'îlot Kié (photographie 26). Un piquet placé sur un éperon à 3 m de profondeur permet de la repérer facilement depuis la surface à la nage.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés sur le front récifal du récif frangeant de l'îlot à 10, 16 et 21 mètres de profondeur dans un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Le transect A a été disposé perpendiculairement à la pente du récif frangeant au pied d'un éperon et d'un sillon. Le transect B est installé 5 ou 6 m avant la fin de la pente corallienne. Il s'agit d'une pente corallienne entre 10 et 22 m de profondeur inclinée à 40-45°. Le transect C se situe à la rupture entre le bas du tombant récifal et le début de la pente sédimentaire. C'est une zone d'accumulation de débris et de roches provenant du récif. La pente sédimentaire a une inclinaison douce. Cette dernière est composée de sable coquillé et de débris coralliens qui deviennent de moins en moins abondants en fonction de l'éloignement du récif. Quelques grands massifs se répartissent à proximité du tombant récifal mais leur recouvrement en organismes benthiques est faible.

Description générale

De nombreuses dégradations ont été constatées suite aux évènements cycloniques de ce début d'année 2011. Cependant, la station du récif frangeant de l'îlot Kié (transects A & B) est caractérisée par la plus grande richesse spécifique corallienne et le plus important taux de recouvrement corallien des 12 stations étudiées.
La zone présente une alternance d'éperons et de sillons, atteignant 8 à 10 mètres de profondeur.

L'îlot Kié est situé dans le canal de la Havannah dans la réserve intégrale Yves Merlet. Il faut demander une dérogation à la Province Sud avant de pouvoir étudier cette station. Tout accès et tout passage de navire ou d'embarcation est interdit, *a fortiori* la récolte, la pêche ou la cueillette de tout minéral, animal ou végétal.

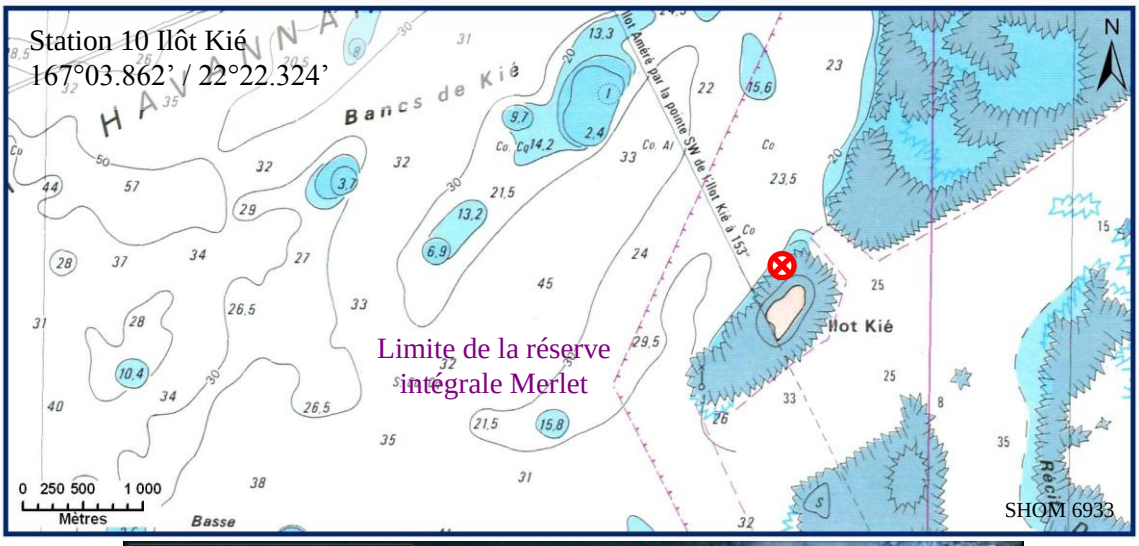
Caractéristiques principales

- Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station lors des évènements dépressionnaires du début d'année 2011
- La richesse spécifique des coraux du transect A est la plus importante parmi tous les transects étudiés dans le suivi biologique
- La richesse spécifique et le recouvrement des coraux sont très élevés sur toute la station
- Présence rare de *Gardineroseris planulata*
- Abondance des genres coralliens *Acropora*, *Goniopora* et *Alveopora*
- Les crinoïdes sont abondants aux transects A et B
- Marques de nécroses sur les alcyonaires *Lobophytum* (prédation présumée de *Ovula ovum*)
- Lors des missions de septembre/octobre, plusieurs colonies de l'espèce *Alveopora* sp1, très sensible aux variations de l'environnement, se retrouvent blanchies pour tous les transects

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- **Le récif est en cours de régénération** avec la croissance des *Acropora* sur les débris coralliens au transect A, la diversité reste stable mais quelques espèces fragiles diminuent d'abondance
- **Le blanchissement corallien affecte 21/133** espèces de scléractiniaires (15.8%) et le blanchissement visuel moyen est de 0.967% de la surface totale observée
- **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaires, *Pavona duerdeni* aux transects A&B
- Présence de colonisation d'éponge incrustante sur *Echinopora horrida* (transect A)
- L'algue *Lobophora variegata* colonise quelques colonies d'*Acropora* branchus (transects A&B)
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- **Le développement des cyanobactéries reste faible et stable**

- Les alcyonaires sont diversifiés mais le genre *Lobophytum* n'a pas été recensé en A&B et le *Sarcophyton* n'est plus présent dans les couloirs de prospection
- L'éponge *Clathria rugosa* est désormais en diminution d'abondance pour les transects B&C





Carte n°12 : Localisation de la station 10 (Ilôt Kié)



Photo n°26 : Position en surface par rapport à l'îlot Kié (ST10)

4.10.1 Le substrat (ST10)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 121 pour le transect A, dans la figure 122 pour le transect B et dans la figure 123 pour le transect C.

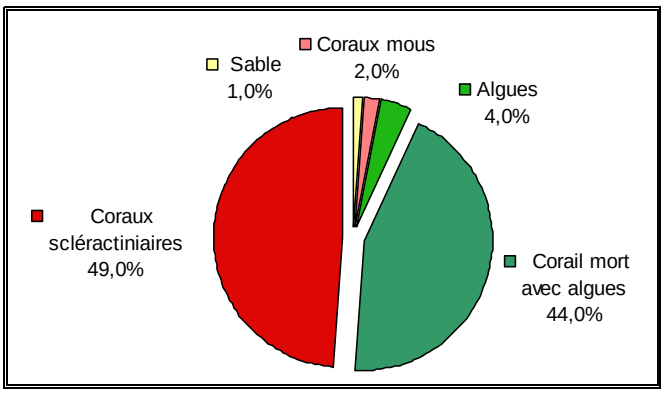


Figure n°121 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10A

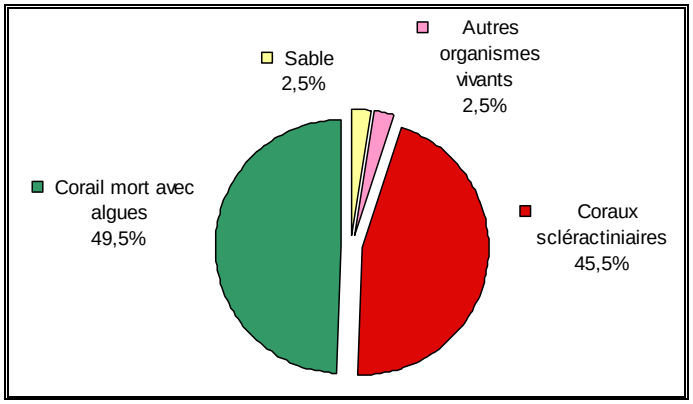


Figure n°122 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10B

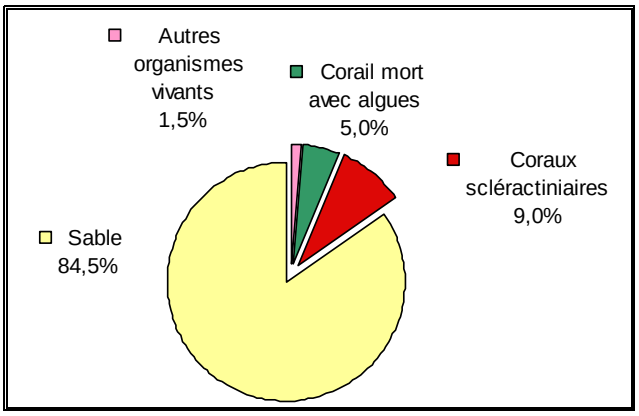


Figure n°123 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10C

Cette station est toujours remarquable par sa couverture en coraux scléractiniaires qui reprèsentent 49% et 45.5% du substrat sur les transects A et B (un des plus fort taux de recouvrement de toutes les stations). Associés aux coraux morts recouverts d'algues (44% et 45.5%), ces deux transects obtiennent 99% et 97.5% de biotique.
Le substrat du transect C est constitué essentiellement de sable (84.5%) et les coraux scléractiniaires n'y sont plus présents qu'à 9%.
A noter : sur le transect A, les cyanobactéries sont toujours très faiblement présentes (1%).

Le recouvrement sur les différents transects reste stable.

4.10.2 Le benthos (ST10)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Ilot Kié (ST10) est composée de 142 espèces coralliennes, de 53 espèces d'invertébrés, de 7 espèces de macrophytes, et d'une espèce de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **142 espèces coralliennes** (dont 133 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère).
  Les familles scléractiniaires (133 taxons au sein de 14 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (33 taxons), les Acroporidae (29 taxons), les Agaraciidae (12 taxons), les Mussidae (10 taxons), les Merulinidae (8 taxons), les Fungiidae (7 taxons), les Pectiniidae (7 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (5 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Siderastreidae (5 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Caryophylliidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 21/133 espèces de scléractiniaires (15,8%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 0,967% de la surface totale observée.
- **53 espèces d'invertébrés** dont 17 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 15 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), holothurides (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies.
- **7 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons).
- **1 espèce de cyanobactéries**.





Les colonies coralliennes s'épanouissent malgré quelques cas relevés de maladie de la bande blanche et la colonisation de *Cliona* (éponge encroûtante)





Photo n°27 : Vue d'ensemble des transects (ST10)

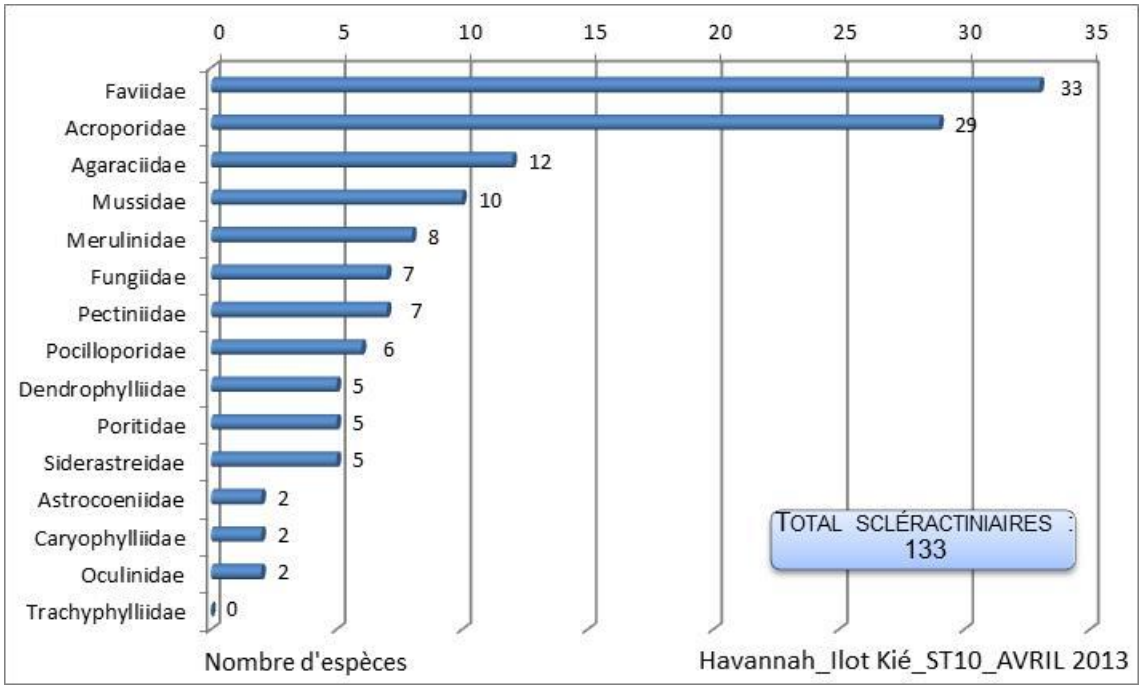


Figure n°124 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST10)

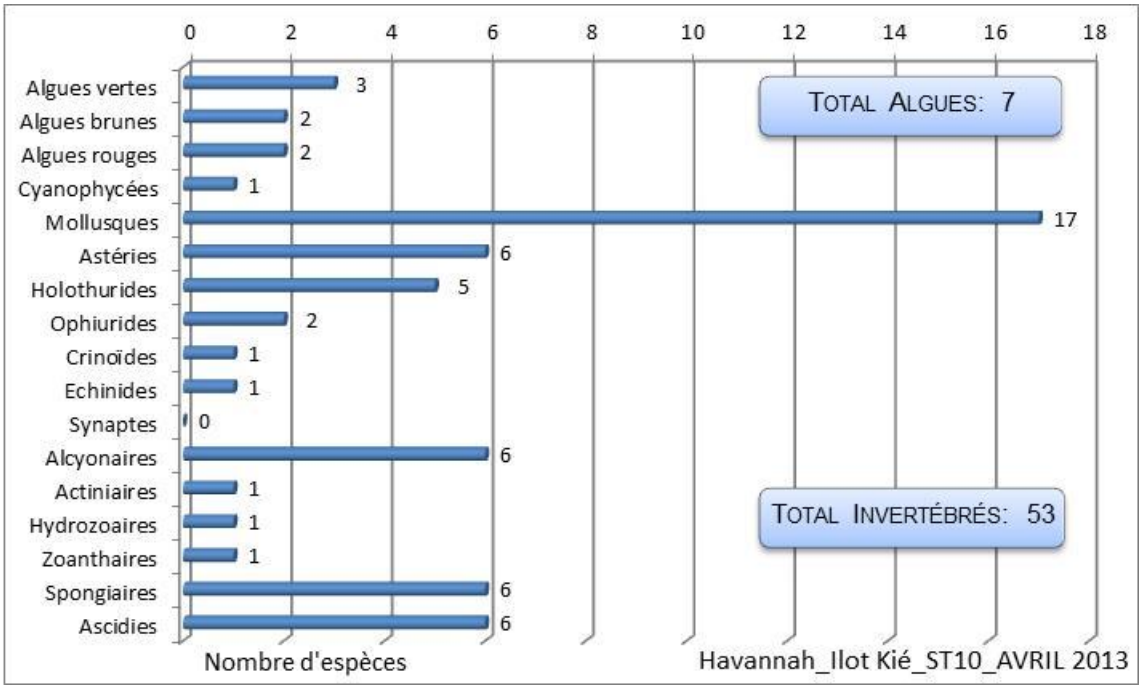


Figure n°125 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST10)

4.10.2.1 Benthos Transect 10 A

4.10.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST10A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST10A est composée de 113 espèces coralliennes dont 104 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (104 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (25 taxons), les Faviidae (25 taxons), les Agaraciidae (8 taxons), les Merulinidae (8 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les

Poritidae (5 taxons), les Siderastreidae (5 taxons), les Pectiniidae (4 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Dendrophylliidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 14/104 espèces de scléractiniaires (13,5%).
Le blanchissement visuel est de 1,2% de la surface du couloir.

Tableau n°207 : Variations Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST10A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
3 espèces : •*Stylocoeniella armata* (A2), •*Stylocoeniella guentheri* (A1), •*Fungia* spp. (2spp./+1spp.) (A2).	Une seule espèce : •*Pachyseris rugosa* (A2/+ 1)	14 espèces blanchies (13,5%) : ➢ 8 précédemment blanchies (7,7%) : •*Acropora* (branchu) (3spp.B*, B2), •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2), •*Seriatopora calendrium* (B1), •*Seriatopora histrix* (B1), •*Stylophora pistillata* (B1) ; ➢ 6 nouvellement blanchies (5,8%) : •*Montipora* (B2, N), •*Montipora undata* (B1, N), •*Montipora verrucosa* (B1, N), •*Favia* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Echinophyllia horrida* (B1, N), •*Porites lobata* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
3 espèces : •*Stylocoeniella* sp. (A0/-2), •*Cycloseris* sp. (A0/-2), •*Podabacia crustacea* (A0/-1).	8 espèces : •*Montipora tuberculosa* (A2/- 1), •*Echinopora gemmacea* (A2/- 1), •*Echinopora lamellosa* (A2/- 1), •*Echinopora* sp. (A1/- 1), •*Oulophyllia* sp. (A1/- 1), •*Merulina ampliata* (A2/- 1), •*Scolymia vitiensis* (A2/- 1), •*Porites lobata* (A2/- 1).	➢ une seule espèce a réintégré toutes ses zooxanthelles : •*Pocillopora verrucosa* (B- 1, øß) ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ni se réduire.

Tableau n°208 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST10A)

Degré de liberté	ddl	91
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**17.11**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	114.268

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 209).

Tableau n°209 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST10A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	25	25	25	23	23	29	29	24	21
Agaraciidae	8	8	8	9	7	6	6	6	6
Astrocoeniidae	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Caryophylliidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Dendrophylliidae	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Faviidae	25	25	24	20	19	19	18	16	14
Fungiidae	5	6	4	5	5	6	5	3	3
Merulinidae	8	8	8	8	8	8	8	7	7
Mussidae	8	8	8	8	7	7	7	7	7
Oculinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	4	4	7	6	6	6	6	6	6
Pocilloporidae	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Poritidae	5	5	5	5	5	5	5	3	2
Siderastreidae	5	5	5	4	4	4	4	3	3
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**104**	**104**	**103**	**97**	**93**	**100**	**97**	**84**	**78**

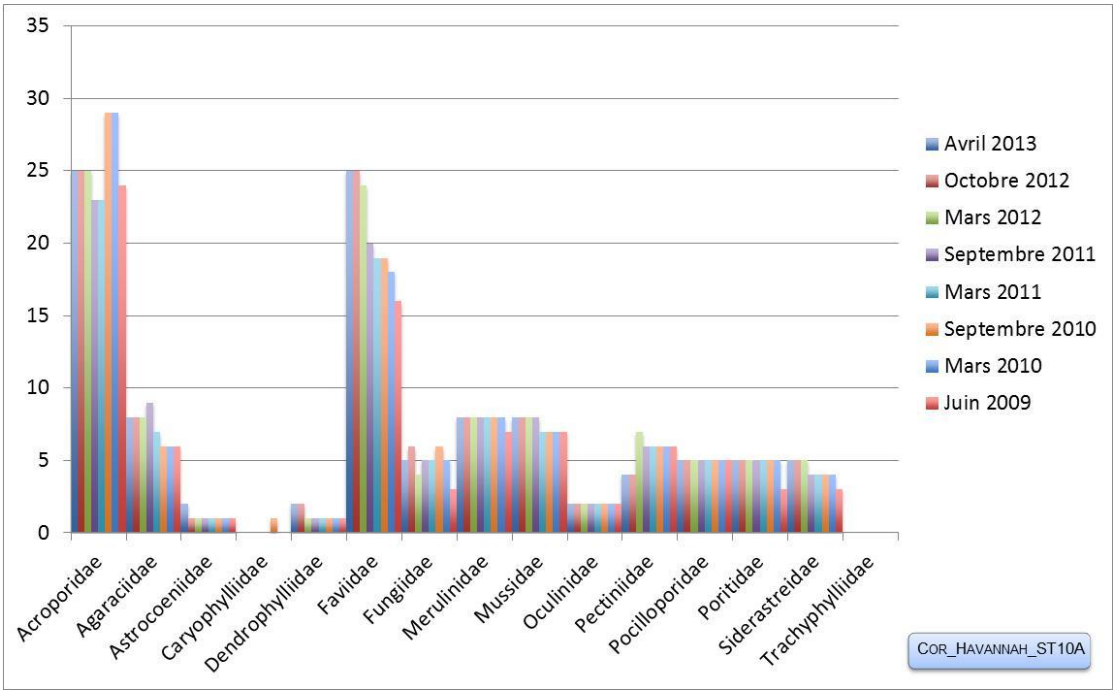


Figure n°126 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST10A)

4.10.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST10A est composée de 21 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 4 espèces d'échinodermes : ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies, et de 7 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°210 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST10A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2). 4 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Padina* sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : *Trichogloea requienii* (A0/-2) ; et 2 algues vertes : *Caulerpa racemosa* (A0/-2), •*Caulerpa* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
/	/
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires : •*Lobophytum* sp. (A0/-2), •*Sarcophyton* sp. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 sp) : •*Acanthaster planci* (A0/-1) ➢ pour les holothurides (-2 sp) : •*Holothuria atra* (A0/-1), *Holothuria edulis* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les astéries : •*Linckia multifora* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes : •*Coralliophila violacea* (A2), •*Latirolagena smaragdula* (A1). 3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 sp) : •*Tridacna derasa* (A0/-1) ➢ pour les gastéropodes (-2 sp) : •*Conus ratus* (A0/-1), •*Turbo* sp. (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A2/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A1/- 1).
Éponges	
1 espèce d'éponges disparue : •sp ind. (noire) (A0/-2)	1 sp d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona jullienei* (A1/-1)
Ascidies	
3 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Polycarpa aurita* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1)	☑
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°211 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST10A)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	3	5	5	4	4	3	3	3	2
Actiniaires	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	1	2	1	1	1	0	0	0	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Holothurides	0	2	4	1	2	0	0	0	1
Spongiaires	3	4	4	4	4	5	5	3	2
Mollusques	8	9	7	5	4	4	4	4	5
Ascidies	2	5	5	6	2	4	4	4	2
Total	**22**	**32**	**32**	**26**	**20**	**19**	**19**	**17**	**15**

Tableau n°212 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST10A)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**27.81**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 212).

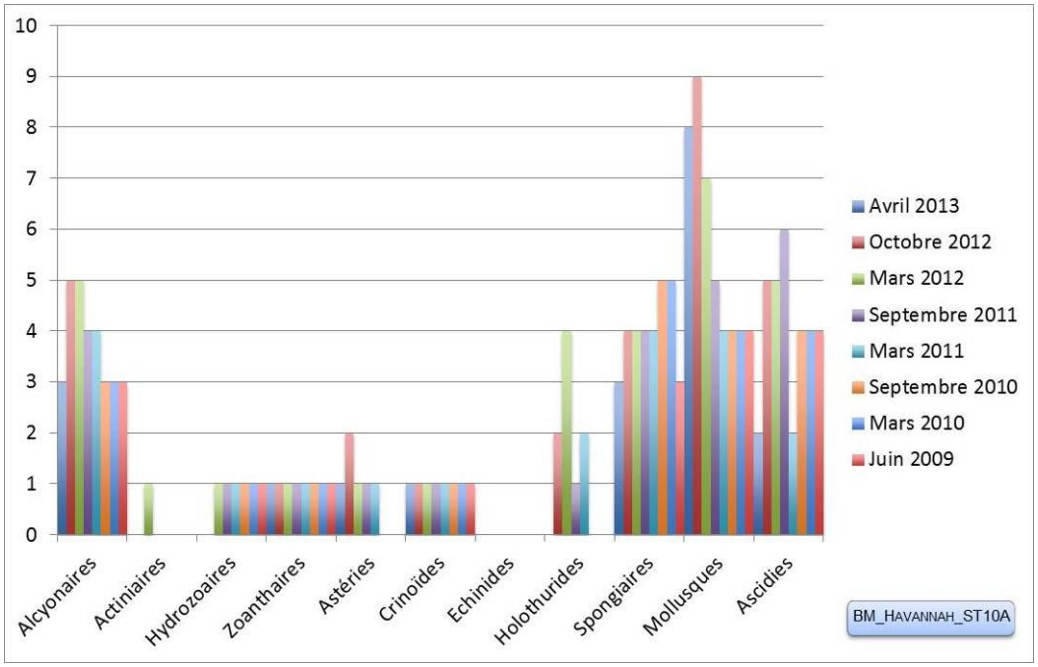


Figure n°127 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST10A)

4.10.2.2 Benthos Transect 10 B

4.10.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST10B)

La richesse spécifique corallienne est également élevée par rapport aux autres stations du canal de la Havannah.
En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST10B est composée de 97 espèces coralliennes dont 90 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (sub massif et branchu), 2 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (90 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Acroporidae (19 taxons), les Faviidae (18 taxons), les Agaraciidae (10 taxons), les Fungiidae (6 taxons), les Merulinidae (6 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Pectiniidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Caryophylliidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Siderastreidae (2 taxons).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 13/90 espèces de scléractiniaires (14,4%).
Le blanchissement visuel est de 1,7% de la surface du couloir.

Tableau n°213 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST10B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
3 espèces : •*Stylocoeniella armata* (A2), •*Stylocoeniella guentheri* (A1), •*Fungia* spp. (2spp./+1spp.) (A2).	Une seule espèce : •*Pachyseris rugosa* (A2/+ 1)	14 espèces blanchies (13,5%) : ➢ 8 précédemment blanchies (7,7%) : •*Acropora* (branchu) (3spp.B*, B2), •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2), •*Seriatopora calendrium* (B1), •*Seriatopora histrix* (B1), •*Stylophora pistillata* (B1) ; ➢ 6 nouvellement blanchies (5,8%) : •*Montipora* (B2, N), •*Montipora undata* (B1, N), •*Montipora verrucosa* (B1, N), •*Favia* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Echinophyllia horrida* (B1, N), •*Porites lobata* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
3 espèces : •*Stylocoeniella* sp. (A0/-2), •*Cycloseris* sp. (A0/-2), •*Podabacia crustacea* (A0/-1).	8 espèces : •*Montipora tuberculosa* (A2/- 1), •*Echinopora gemmacea* (A2/- 1), •*Echinopora lamellosa* (A2/- 1), •*Echinopora* sp. (A1/- 1), •*Oulophyllia* sp. (A1/- 1), •*Merulina ampliata* (A2/- 1), •*Scolymia vitiensis* (A2/- 1), •*Porites lobata* (A2/- 1).	➢ une seule espèce a réintégré toutes ses zooxanthelles : •*Pocillopora verrucosa* (B- 1, øß) ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître nise réduire.

Tableau n°214 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST10B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	19	19	20	18	19	20	20	20	19
Agaraciidae	10	10	11	10	10	10	9	8	7
Astrocoeniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	2	2	2	3	3	3	3	2	0
Dendrophylliidae	4	4	4	4	4	5	5	5	3
Faviidae	18	20	20	17	16	16	16	12	10
Fungiidae	6	6	7	8	8	9	9	3	3
Merulinidae	6	6	5	5	5	5	5	5	5
Mussidae	6	6	6	6	6	6	6	5	4
Oculinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	5	5	5	5	5	5	5	4	4
Pocilloporidae	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Poritidae	5	5	5	5	5	5	5	4	4
Siderastreidae	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**90**	**92**	**94**	**90**	**90**	**93**	**92**	**76**	**67**

Tableau n°215 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST10B)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**7.92**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 215).

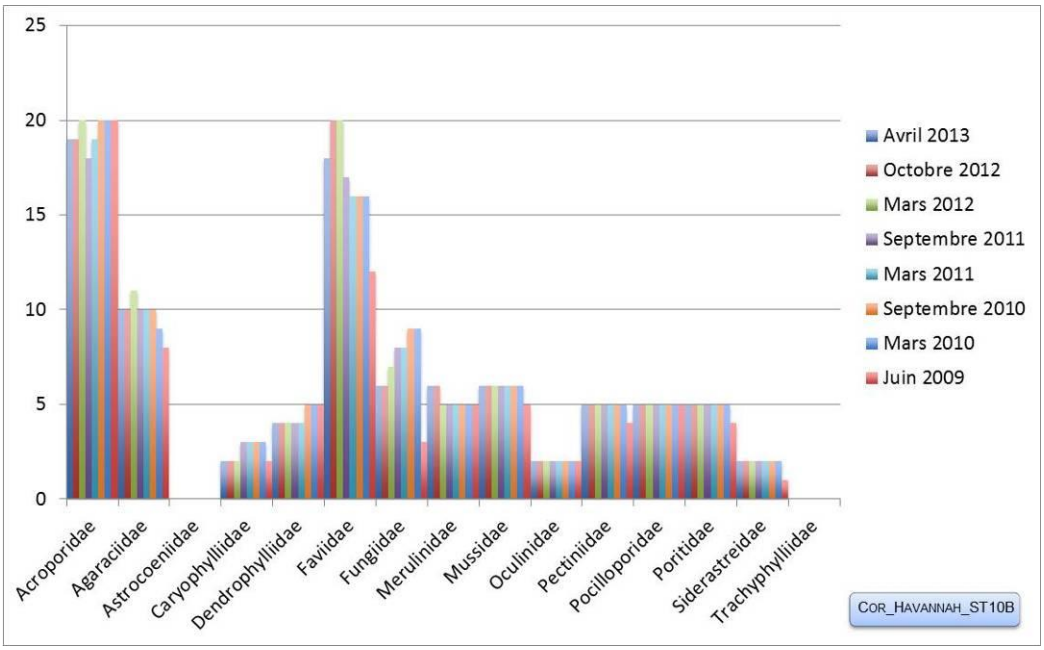


Figure n°128 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST10B)

4.10.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST10B est composée de 42 espèces d'invertébrés dont 12 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies, et de 4 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°216 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST10B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2). 4 espèces disparues, dont l'algue brune : •*Padina* sp. (A0/-2) et l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-2) et 2 algues vertes : •*Caulerpa racemosa* (A0/-2), •*Caulerpa* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
/	/
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires : •*Lobophytum* sp. (A0/-2), •*Sarcophyton* sp. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 sp) : •*Acanthaster planci* (A0/-1) ➢ pour les holothurides (-2 sp) : •*Holothuria atra* (A0/-1), •*Holothuria edulis* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les astéries : •*Linckia multifora* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes : •*Coralliophila violacea* (A2), •*Latirolagena smaragdula* (A1). 3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 sp) : •*Tridacna derasa* (A0/-1) ➢ pour les gastéropodes (-2 sp) : •*Conus ratus* (A0/-1), •*Turbo* sp. (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves : •*Hyotissa hyotis* (A2/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les gastéropodes : •*Astraea rhodostoma* (A1/-1)
Éponges	
1 sp d'éponges disparue : •sp ind. (noire) (A0/-2).	1 sp d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona jullienei* (A1/-1)
Ascidies	
3 sp d'ascidies disparues : •*Didemnum molle* (A0/-2), •*Polycarpa aurita* (A0/-2), •*Polycarpa* sp1. (blanche) (A0/-1)	☑
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°217 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST10B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	4	5	5	6	6	5	5	5	5
Actiniaires	1	1	2	1	2	2	2	2	1
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	4	2	2	2	0	0	0	0	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Holothurides	5	4	3	3	3	4	4	2	1
Spongiaires	6	6	4	4	4	5	5	5	5
Mollusques	12	9	9	8	4	4	4	3	0
Ascidies	4	3	5	4	3	3	3	3	1
Total	**43**	**37**	**36**	**32**	**25**	**26**	**26**	**23**	**16**

Tableau n°218 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST10B)

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**25.84**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 218).

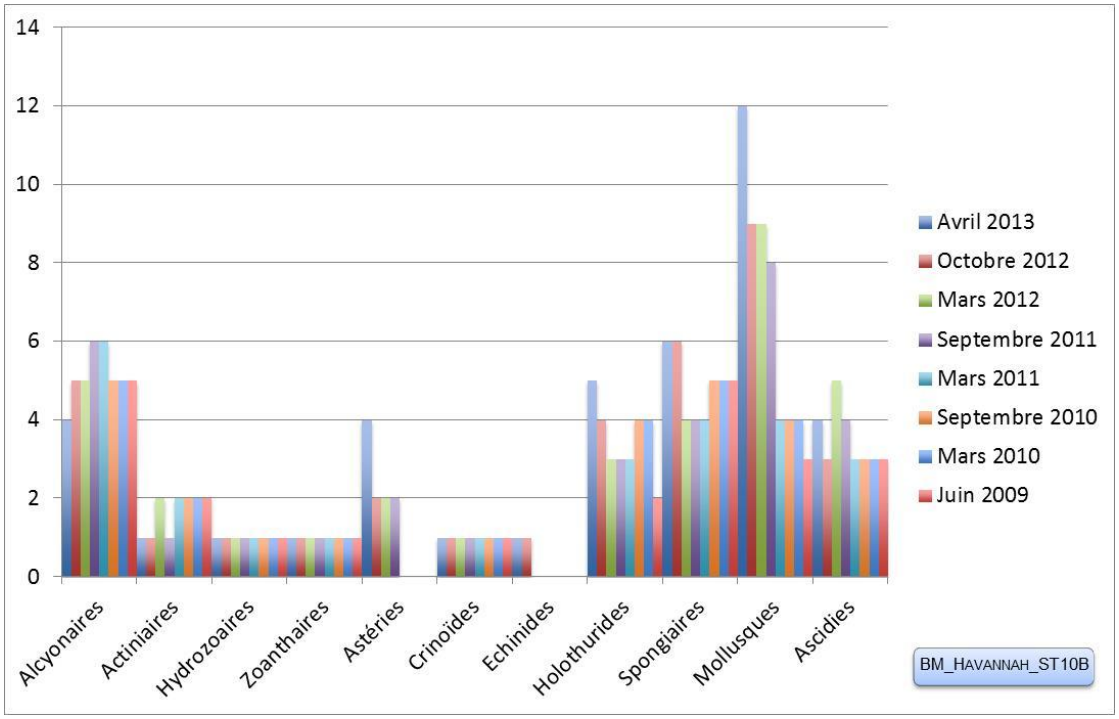


Figure n°129 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST10B)

4.10.2.3 Benthos Transect 10 C

4.10.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST10C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST10C est composée de 65 espèces coralliennes dont 59 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (encroûtant), 2 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (59 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (14 taxons), les Acroporidae (10 taxons), les Mussidae (8 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Pocilloporidae (6 taxons), les Pectiniidae (4 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Fungiidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Dendrophylliidae (1 taxon), les Merulinidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon), les Siderastreidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.

Il n'y a aucune espèce blanchie, ni de blanchissement visuel.

Tableau n°219 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST10C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
5 espèces : •*Platygyra pini* (A2), •*Astreopora explanata* (A1), •*Montipora* spp. (2spp./+1spp.) (A2), •*Echinopora gemmacea* (A2), •*Lobophyllia hattaii* (A1).	Une seule espèce : •*Montipora danae* (A2/+ 1)	Aucune espèce blanchie.
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
5 espèces : •Gorgone ind.sp. (2spp./-1spp.A2/-0), •*Astreopora* sp. (A0/-1), •*Echinopora* sp. (A0/-2), •*Platygyra* sp. (A0/-2) •*Oulophyllia crispa* (A0/-1),	2 espèces : •*Fungia* spp. (A1/- 1), •*Echinophyllia* sp. (A1/- 1).	➢ toutes les espèces (2 taxons) ont réintégré leurs zooxanthelles : •*Favia laxa* (B- 1, øß), •*Scolymia vitiensis* (B- 1, øß) ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ni se réduire

Tableau n°220 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST10C)

Familles scléractiniaires	04/ 2013	10/ 2012	03/ 2012	10/ 2011	03/ 2011	09/ 2010	03/ 2010	06/ 2009	10/ 2008
Acroporidae	10	9	10	10	10	10	10	10	10
Agaraciidae	6	6	5	5	5	5	5	5	4
Astrocoeniidae	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Faviidae	14	15	14	12	12	13	13	13	12
Fungiidae	2	2	1	1	3	3	3	1	1
Merulinidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mussidae	8	7	8	8	8	8	8	8	7
Oculinidae	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Pectiniidae	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Pocilloporidae	6	6	6	6	5	5	5	5	3
Poritidae	4	4	4	4	4	4	4	3	3
Siderastreidae	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**59**	**58**	**56**	**53**	**55**	**56**	**56**	**53**	**47**

Tableau n°221 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST10C)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**10.84**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 221).

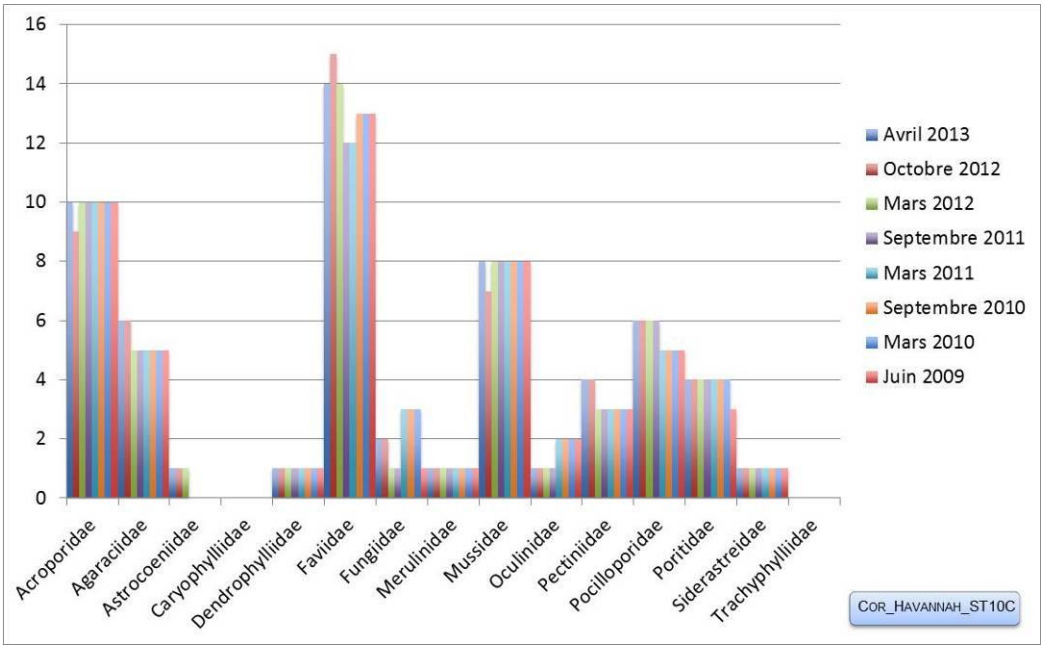


Figure n°130 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST10C)

4.10.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST10C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST10C est composée de 36 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies, d'une espèce d'algues et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°222 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST10C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une sp de cyanobactéries diminue d'abondance : •*Phormidium* sp. (A1/- 1).
Cnidaires	
1 espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Xenia* sp. (A3/+ 1).
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 sp) : •*Fromia indica* (A1), •*Fromia monilis* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria atra* (A1) ➢ pour les ophiurides (1 sp) : •Ophiure ind. (A1). 1 espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les holothurides : •*Holothuria edulis* (A0/-1)	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries : •*Celerina heffernani* (A2/+ 1), •*Nardoa gomophia* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes : •Crinoïdes ind. (A1/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes : •*Turbo petholatus* (A1), •*Turris* sp. (A1). 1 espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes : •*Pteristernia reincarnata* (A0/-1)	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Hyotissa hyotis* (A2/+ 1), •*Isognomon isognomon* (A2/+ 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dysidea herbacea* (A1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Spheciospongia vagabunda* (A2/+ 1). 2 sp d'éponges diminuent d'abondance : •sp ind. (noire) (A2/- 1), •*Clathria rugosa* (A2/- 2).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa clavata* (A2).	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A1/- 2), •*Polycarpa nigricans* (A2/-1)
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°223 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST10C)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	5	6	5	6	6	6	6	6	6
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	5	3	1	1	1	1	1	0	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Holothurides	1	1	3	2	5	5	5	3	2
Spongiaires	6	5	4	4	4	6	6	6	5
Mollusques	9	8	11	9	3	3	2	1	1
Ascidies	5	4	8	8	3	3	3	3	3
Total	**37**	**32**	**37**	**35**	**26**	**28**	**27**	**22**	**20**

Tableau n°224 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST10C)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**39.32**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.529

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 224).

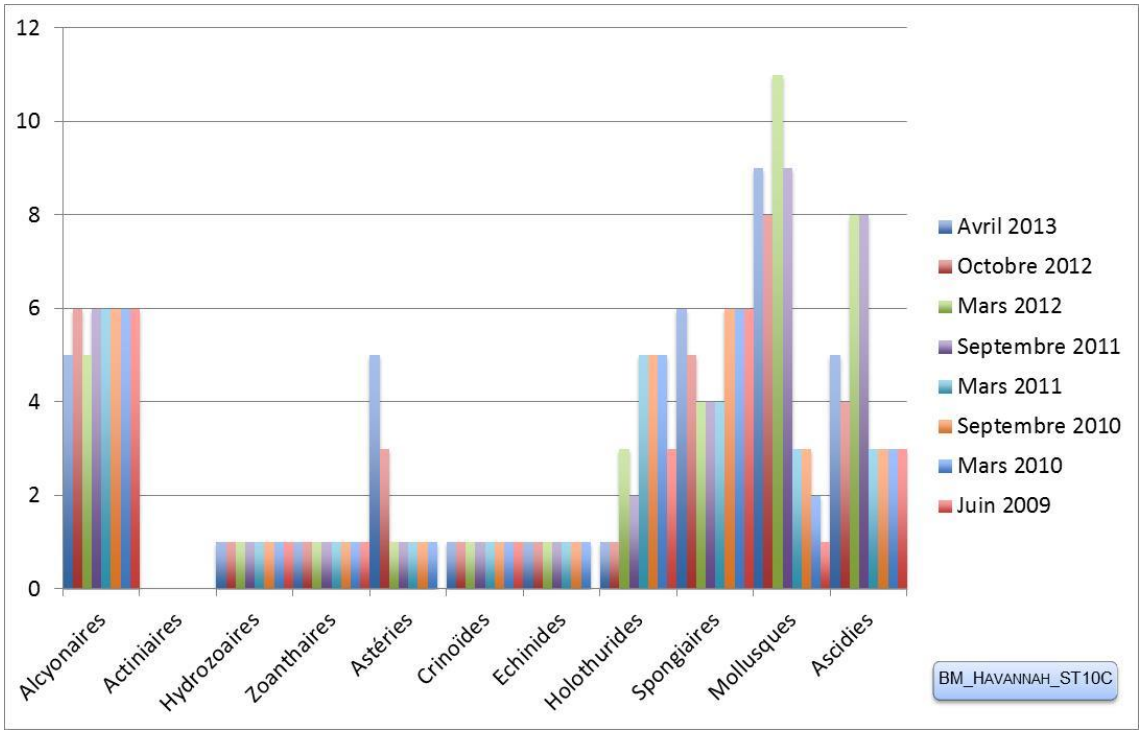


Figure n°131 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST10C)

4.10.3 Les poissons (ST10)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[13] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 225.

Tableau n°225 : Données sur les poissons (ST10)

Ilot Kié ST10		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus pyroferus*							1	0,01	2,00	0,33	0,00	0,67
Aca	*Ctenochaetus striatus*	6	0,06	2,40							2,00	0,02	0,80
Aca	*Naso lituratus*	1	0,01	3,13							0,33	0,00	1,04
Aca	*Naso tonganus*							15	0,09	120,00	5,00	0,03	40,00
Aca	*Naso unicornis*							10	0,08	151,88	3,33	0,03	50,63
Aca	*Zebrasoma scopas*	2	0,02	0,57	3	0,03	0,86	3	0,04	0,75	2,67	0,03	0,73
Ant	*Pseudanthias pascalus*	30	0,30	2,06							10,00	0,10	0,69
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	30	0,38	2,57							10,00	0,13	0,86
Cae	*Caesio caerulaurea*	75	0,47	54,68							25,00	0,16	18,23
Cae	*Pterocaesio digramma*	75	0,47	54,68	30	0,19	21,87				35,00	0,22	25,52
Can	*Canthigaster valentini*	1	0,03	0,17				1	0,01	0,09	0,67	0,01	0,09
Cha	*Chaetodon baronessa*	4	0,05	1,73							1,33	0,02	0,58
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,58							0,67	0,01	0,19
Cha	*Chaetodon lunulatus*	2	0,03	0,26							0,67	0,01	0,09
Cha	*Chaetodon mertensii*	3	0,04	0,30							1,00	0,01	0,10
Cha	*Chaetodon ornatissimus*	2	0,03	1,95							0,67	0,01	0,65
Cha	*Chaetodon pelewensis*	3	0,04	0,30	2	0,03	0,30				1,67	0,02	0,20
Cha	*Chaetodon ulietensis*				2	0,03	0,64				0,67	0,01	0,21
Cha	*Forcipiger longirostris*							2	0,03	0,26	0,67	0,01	0,09
Epi	*Cephalopholis urodeta*				1	0,02	5,21				0,33	0,01	1,74
Epi	*Epinephelus fasciatus*				1	0,01	1,64				0,33	0,00	0,55
Epi	*Epinephelus maculatus*				1	0,01	53,48	1	0,01	3,91	0,67	0,01	19,13
Epi	*Plectropomus leopardus*	2	0,01	61,71	1	0,01	17,86	2	0,02	25,60	1,67	0,01	35,06
Hae	*Plectorhinchus lessonii*							1	0,01	2,00	0,33	0,00	0,67
Lab	*Bodianus perditio*	1	0,01	1,60				1	0,01	2,00	0,67	0,01	1,20
Lab	*Cheilinus undulatus*				1	0,01	0,84				0,33	0,00	0,28
Lab	*Coris gaimard*				1	0,01	0,62				0,33	0,00	0,21
Lab	*Gomphosus varius*	5	0,06	0,64							1,67	0,02	0,21
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	3,91							0,33	0,00	1,30
Lab	*Labroides dimidiatus*	5	0,06	0,43							1,67	0,02	0,14
Lab	*Stethojulis strigiventer*							2	0,03	0,50	0,67	0,01	0,17
Lab	*Thalassoma lunare*	3	0,04	0,63							1,00	0,01	0,21
Lab	*Thalassoma lutescens*	5	0,06	1,05	10	0,13	2,10				5,00	0,06	1,05
Let	*Lethrinus atkinsoni*							1	0,01	3,91	0,33	0,00	1,30
Let	*Monotaxis heterodon*				2	0,03	4,00				0,67	0,01	1,33
Lut	*Lutjanus bohar*				1	0,01	1,60				0,33	0,00	0,53
Mul	*Parupeneus barberinoides*				4	0,05	2,74				1,33	0,02	0,91
Mul	*Parupeneus barberinus*				2	0,03	2,05				0,67	0,01	0,68
Nem	*Scolopsis bilineatus*	15	0,15	17,50	50	0,50	27,44	10	0,10	5,49	25,00	0,25	16,81
Poc	*Centropyge bicolor*				3	0,03	0,63	2	0,03	0,50	1,67	0,02	0,38
Poc	*Centropyge bispinosa*	4	0,05	0,22				4	0,05	0,51	2,67	0,03	0,24
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,04	0,16				3	0,04	0,26	2,00	0,03	0,14
Pom	*Abudefduf whitleyi*	10	0,10	2,00							3,33	0,03	0,67
Pom	*Amphiprion perideraion*				4	0,07	0,41				1,33	0,02	0,14
Pom	*Chromis analis*	8	0,10	0,69							2,67	0,03	0,23
Pom	*Chromis fumea*	1000	8,33	10,67	40	0,50	0,64	40	0,50	0,64	360,00	3,11	3,98

[13] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Pom	*Chromis iomelas*	300	3,75	4,80							100,00	1,25	1,60
Pom	*Chromis viridis*	70	0,88	1,12							23,33	0,29	0,37
Pom	*Chrysiptera rollandi*	20	0,25	0,14	20	0,25	0,14				13,33	0,17	0,09
Pom	*Dascyllus reticulatus*	50	0,83	0,45	40	0,50	0,27	40	0,50	0,27	43,33	0,61	0,33
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				15	0,25	0,23				5,00	0,08	0,08
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	30	0,38	0,94	10	0,13	0,16	10	0,13	0,16	16,67	0,21	0,42
Sca	*Chlorurus sordidus*	6	0,06	7,00							2,00	0,02	2,33
Sca	*Scarus schlegeli*							3	0,05	27,00	1,00	0,02	9,00
Sco	*Scomberomorus commerson*							1	0,01	27,00	0,33	0,00	9,00
Sig	*Siganus punctatus*				2	0,02	10,88				0,67	0,01	3,63
Sig	*Siganus vulpinus*				2	0,02	4,96				0,67	0,01	1,65
Total		**1774**	**17,10**	**240,99**	**248**	**2,83**	**161,58**	**153**	**1,75**	**374,71**	**725,00**	**7,23**	**259,09**
Biodiversité			**33**			**25**			**21**			**57**	
Indice de Shannon =		2,992											
Equitabilité =		0,513											

Sur l'ensemble des transects de la station, 2 175 individus appartenant à 57 espèces différentes (tableau 225) (chiffre le plus important de toutes les stations) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 7.23 poissons/m² pour une biomasse de 259.09 g/m².
153 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 226).

Tableau n°226 : Liste des espèces complémentaires (ST10)

Ilot Kié ST10					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Mic	*Ptereleotris evides*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Fis	*Fistularia commersonii*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*
Aca	*Acanthurus mata*	Gob	*Valenciennea parva*	Mul	*Parupeneus barberinoides*
Aca	*Acanthurus pyroferus*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Mul	*Parupeneus barberinus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Naso lituratus*	Hol	*Myripristis murdjan*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Naso tonganus*	Kyp	*Kyphosus pacificus*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Naso unicornis*	Kyp	*Kyphosus sydneyanus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Genicanthus watanabei*
Ant	*Pseudanthias pascalus*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Pomacanthus imperator*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Apo	*Archamia fucata*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Cheilinus undulatus*	Pom	*Amphiprion perideraion*
Apo	*Ostorhinchus angustatus*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chromis amboinensis*
Apo	*Ostorhinchus aureus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis analis*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Coris dorsomacula*	Pom	*Chromis fumea*
Bal	*Sufflamen bursa*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chromis iomelas*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis margaritifer*
Ble	*Ecsenius bicolor*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis ternatensis*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis viridis*
Cae	*Caesio caerulaurea*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cae	*Pterocaesio digramma*	Lab	*Halichoeres ornatissimus*	Pom	*Chrysiptera starcki*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Car	*Caranx melampygus*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Car	*Pseudocaranx dentex*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*

Car	*Trachinotus blochii*	Lab	*Labroides bicolor*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Carc	*Triaenodon obesus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*plectroglyphidodon johnstonianus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Novaculichthys taeniourus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Pomacentrus philippinus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Stethojulis strigiventer*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Cha	*Chaetodon ornatissimus*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Sca	*Chlorurus microrhinos*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Hipposcarus longipes*
Cha	*Forcipiger longirostris*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Heniochus varius*	Let	*Lethrinus atkinsoni*	Sca	*Scarus forsteni*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Let	*Lethrinus nebulosus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Let	*Monotaxis heterodon*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Epi	*Cephalopholis argus*	Lut	*Aprion virescens*	Sig	*Siganus corallinus*
Epi	*Cephalopholis miniata*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sig	*Siganus punctatus*
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sph	*Sphyraena jello*
Epi	*Epinephelus fasciatus*	Lut	*Lutjanus gibbus*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Epinephelus merra*	Lut	*Macolor niger*	Tet	*Arothron stellatus*
Epi	*Plectropomus laevis*	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	Zan	*Zanclus cornutus*

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 227 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 132.

Tableau n°227 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST10)

	Ilot Kié ST10									
Familles	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	3	6	3	4	8	8	5	8	7	**6**
Anthiinidae	1	1	1	2	1	2	2	3	2	**2**
Blenniidae			1	2	1		1		2	
Caesionidae	1	2	1		1	1	1	2	1	**2**
Canthigasteridae			1	1	1	1		1	1	**1**
Carangidae					2	1	1			
Chaetodontidae	6	4	8	13	9	8	8	6	7	**8**
Epinephelinae	5	6	7	7	6	4	6	4	7	**4**
Haemulidae	1					2				**1**
Kyphosiidae					1	1	1			
Labridae	7	2	5	6	7	6	9	3	2	**9**
Lethrinidae	1	1	1		2	3	2	1	3	**2**
Lutjanidae	4		1	1	4	2	1	1		**1**
Mullidae			2	1	2	2	1	1	1	**2**
Nemipteridae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Pomacanthidae	4	4	3	4	3	3	4	2	3	**3**
Pomacentridae	8	6	8	6	9	6	11	13	10	**10**
Pseudochrominae						1		1	1	
Scaridae	3	4	5	3	8	4	2	3	3	**2**

Scombridae	1				1	1	1		1	**1**
Siganidae				1		1	1	2	1	**2**
Zanclidae						1				
Total espèces	**46**	**37**	**49**	**52**	**67**	**59**	**58**	**52**	**53**	**57**
Total familles	**14**	**11**	**15**	**14**	**18**	**21**	**18**	**16**	**17**	**17**

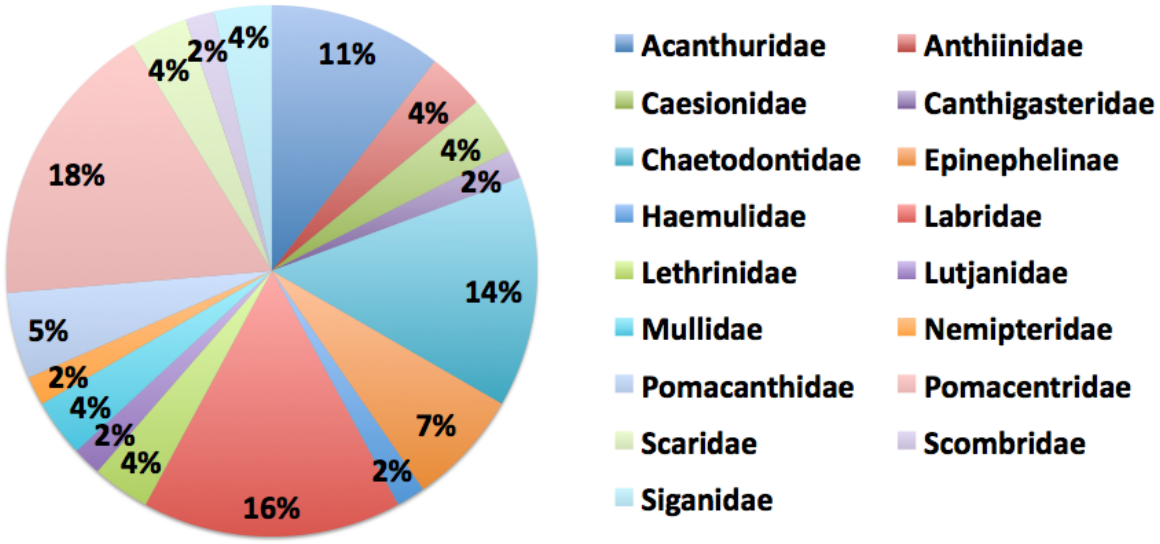


Figure n°132 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST10)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 228), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires.

Tableau n°228 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST10)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
123,43	189	232,42	17/22

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 229 et la figure 133.

Tableau n°229 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST10)

Ilot Kié ST10		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	1774,00	17,10	240,99	33		
	Transect B	248,00	2,83	161,58	25		
	Transect C	153,00	1,75	374,71	21		
	Moy. ABC	725,00	7,23	259,09	57	85	153
2012 b	Moy. ABC	319,70	3,90	220,10	53	90	134
2012 a	Moy. ABC	457,00	4,93	125,40	52	102	146
2011 b	Moy. ABC	289,00	3,48	357,27	58	90	145
2011 a	Moy. ABC	461,67	5,47	1014,91	59	96	131
2010 b	Moy. ABC	384	3,46	576,45	67	78	113
2010 a	Moy. ABC	109,33	2,94	298,40	52	107	167
2009	Moy. ABC	120,00	8,30	291,10	49	92	116
2008	Moy. ABC	534,33	9,37	451,97	37	64	71
2007[14]	Moy. ABC	353,00	5,57	881,82	46	65	84



Figure n°133 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

[14] Les données 2007 ont été reprises en éliminant les espèces qui ne figurent pas sur cette liste car le rapport 2007 ne tient pas compte de la liste DENV sur le TLV.

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 230 et représentation figure 134.

Cette station est dans la réserve intégrale « Yves-Merlet ».
Les 3 premiers paramètres varient un peu plus faiblement qu'ailleurs, mais restent très variables notamment la biomasse, en comparaison des paramètres de biodiversité plus stables.
La densité est due à un nuage important de *Chromis fumea* tandis que la biomasse est due à un banc de *Naso tonganus* (Dawa à bosse) mélé de *N. unicornis* (Dawa) et un banc de *Caesio* (fusiliers).

Tableau n°230 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	34 305,42	4,85	85 893,29	66,22	205,21	924,22
Coef. de Var.	0,49	0,40	0,65	0,15	0,16	0,24

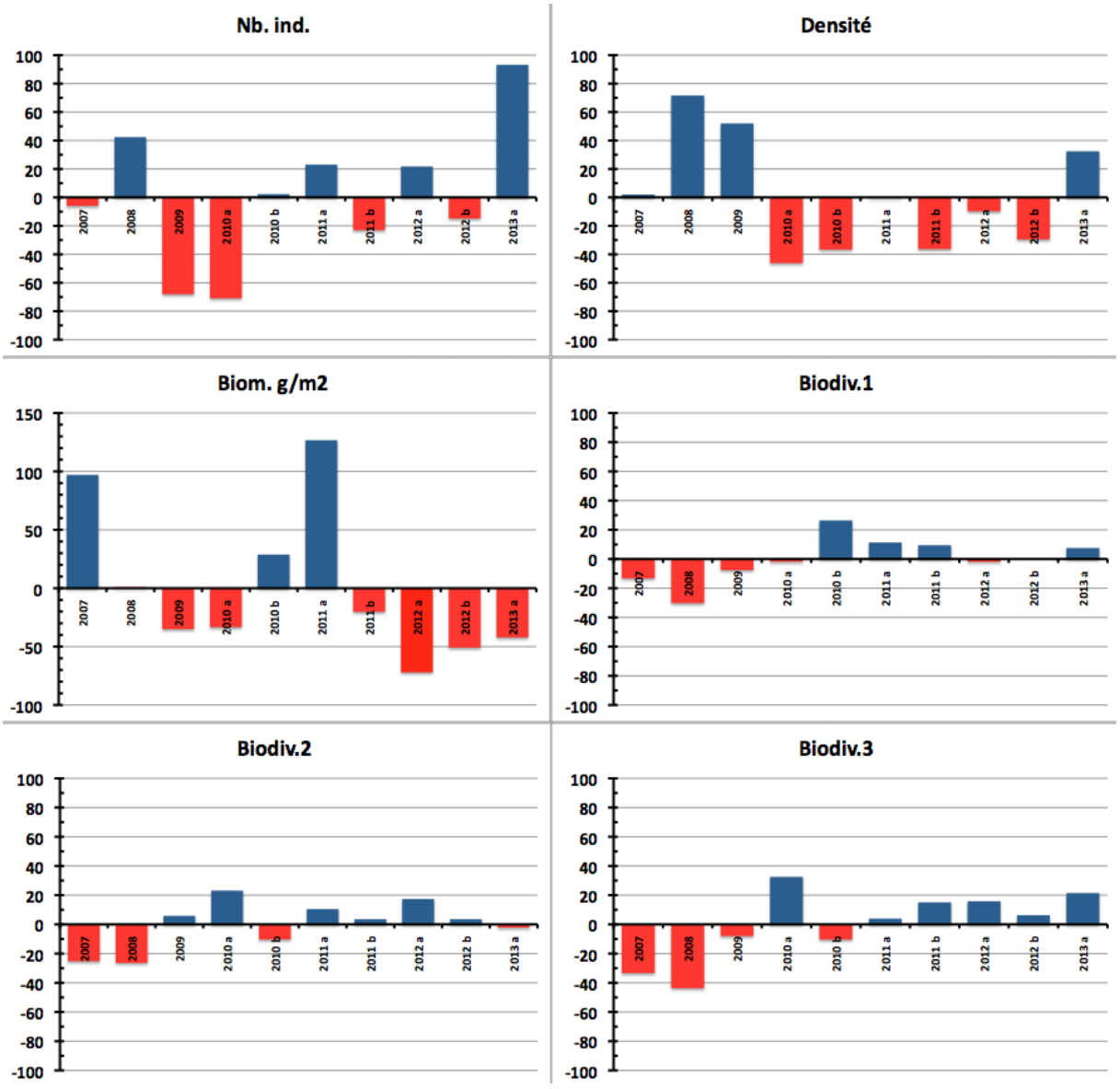


Figure n°134 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

4.11 Station 11 = Récif Toémo

Localisation géographique	A l'ouest de la passe du récif de Toémo, parallèlement au récif. Elle est repérable de la surface grâce à l'alignement d'un talweg sur la falaise du rivage avec le pic au sommet de la colline (photographie 28).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 6, 11 et 20 mètres de profondeur, avec un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Le transect A est positionné au sommet du récif : il se situe en amont de la pente et proche du bourrelet de débris coralliens. Un *Platygyra daedalea* d'un mètre de diamètre permet de repérer le début de ce transect. Le transect B est positionné sur la pente récifale. De nombreux débris et massifs coralliens ont dévalé la pente, détruisant une grande partie des communautés coralliennes. Cet événement a certainement comme origine le cyclone Erica (mars 2003). Toutefois de petites colonies coralliennes recolonisent ces débris. Le transect C se situe à la rupture entre le bas du tombant récifal et le début de la pente sédimentaire. C'est une zone d'accumulation de débris et de roches provenant du récif (dégradation des fortes houles et des cyclones).

Description générale

Le récif de Toémo est un récif intermédiaire de lagon, situé au nord-ouest du canal de la Havannah, à proximité de la grande passe de Goro. Sa position géographique et les conditions hydrodynamiques soutenues permettent d'assimiler ce récif à une pente externe.
Le sommet du récif est riche en coraux branchus et tabulaires (*Acropora*, *Pocillopora*, *Isopora* et *Seriatopora*). Un bourrelet composé de débris coralliens se démarque juste avant la cassure de la pente. Cette dernière est assez pentue (40°) et recouverte par endroits par de nombreux éboulis et des massifs coralliens retournés (coraux tabulaires et massifs). La majorité des débris coralliens finissent leur course en bas de pente.

La pente sédimentaire à une inclinaison douce, cette dernière est composée de sable coquillé et de débris coralliens qui deviennent de moins en moins abondants en fonction de l'éloignement du récif. Quelques grands massifs se répartissent à proximité du tombant récifal mais leur recouvrement en organismes benthiques est fragmentaire.

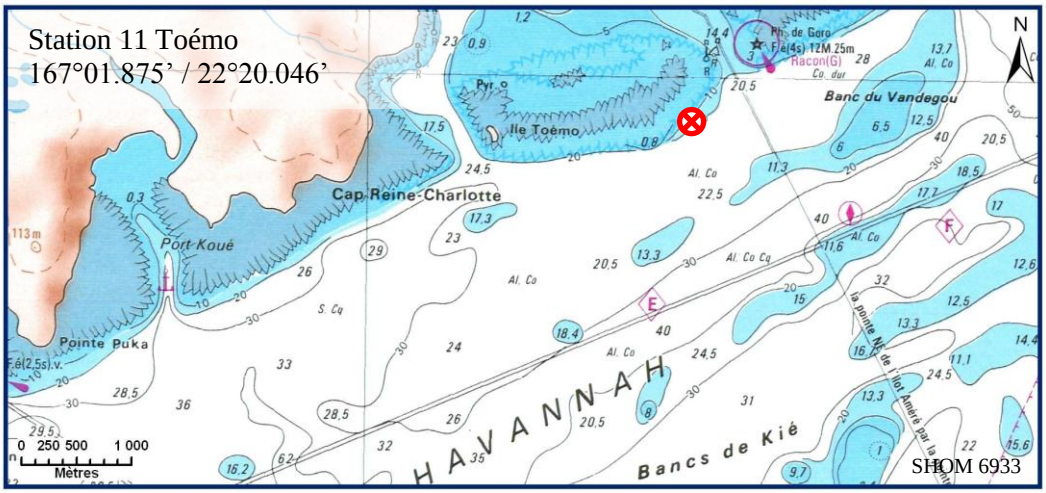
Caractéristiques principales

- Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle)
- Ce récif est en affaiblissement depuis les évènements cycloniques du début d'année 2011 et le cyclone Fréda de janvier 2013
- Dégradation des communautés benthiques d'ordre mécanique sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des communautés benthiques au transect A et accumulation de débris coralliens et de roches pour les autres transects B&C
- Les scléractiniaires développent des morphologies robustes
- La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs et plus importante au transect B que en A (dégradation en sommet de récif par les agents hydrodynamiques intenses)
- Saisonnalité des macrophytes et caractère invasif : les algues brunes (*Dictyota* sp.) et les algues rouges (particulièrement *Asparagopsis* et *Trichogloea*) présentent un développement très important sur l'ensemble de la station
- Les ascidies sont variées et abondantes, comme les spongiaires qui sont abondantes (*Cliona*)
- Les alcyonaires ont un recouvrement relativement élevé

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- **Le récif n'est pas encore stabilisé et la diversité corallienne se dégrade.** La richesse spécifique des coraux reste équivalente en surface mais l'accumulation de débris a fragilisé les colonies coralliennes en bas de pente et une diminution importante de diversité est enregistrée pour le transect C
- **Le blanchissement corallien affecte 30/118 espèces de scléractiniaires** (25.4%) et le blanchissement visuel moyen est de 1.167% de la surface totale observée
- **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaires et Faviidae

(l'ensemble de la station) **et croissance anormale** sur des alcyonaires du genre *Sarcophyton* au transect C
- **Développement de cyanobactéries sur les coraux morts en place et les débris coralliens**
- **Développement important de turf algal**
- Les spongiaires et les ascidies ne se développent plus autant que pour la mission précédente
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- Les échinodermes et les gastéropodes apprécient les phases d'effondrement de nouveaux débris coralliens pour se nourrir
- Aucune holothurie ne colonise le haut du récif (transect A)





Carte n°13 : <u>Localisation de la station 11 (Toémo)</u>



Photo n°28 : <u>Position en surface par rapport à la côte (ST11)</u>

4.11.1 Le substrat (ST11)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 135 pour le transect A, dans la figure 136 pour le transect B et dans la figure 137 pour le transect C.

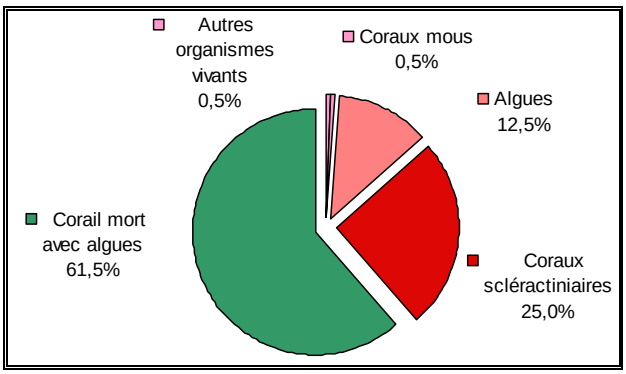


Figure n°135 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A

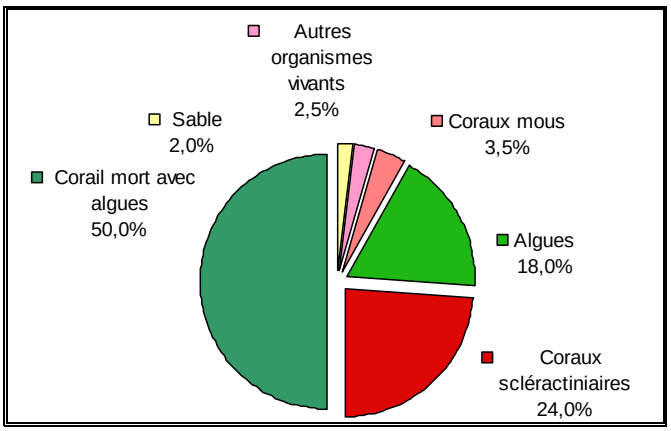


Figure n°136 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B

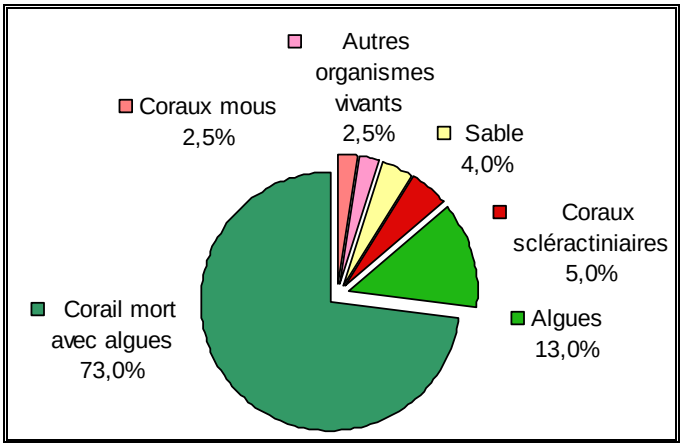


Figure n°137 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C

Cette station possède, les plus forts recouvrements biotiques : 100%, 98% et 96% respectivement du haut vers le bas. Cela est dû essentiellement à la classe « coraux morts avec algues » qui est dominante.
Mais les coraux scélractiniaires y sont particulièrement aussi bien représentés, surtout sur les 2 premiers transects (25% et 24%), résultats parmi les plus élevés de toutes les stations étudiées.
A noter : les cyanobactéries sont toujours présentes (1.5%) sur le transect C.

La station est stable.

4.11.2 Le benthos (ST11)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

En avril 2013, la richesse spécifique de la station Récif Toémo (ST11) est composée de 125 espèces coralliennes, de 59 espèces d'invertébrés, de 9 espèces de macrophytes et d'une espèce de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **125 espèces coralliennes** (dont 118 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (sub massif, et encroûtant), 3 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires).
  Les familles scléractiniaires (118 taxons au sein de 14 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (33 taxons), les Acroporidae (26 taxons), les Mussidae (9 taxons), les Pocilloporidae (8 taxons), les Merulinidae (7 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (6 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Fungiidae (5 taxons), les Siderastreidae (5 taxons), les Pectiniidae (3 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Caryophylliidae (1 taxon).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 30/118 espèces de scléractiniaires (25,4%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 1,167% de la surface totale observée.
- **59 espèces d'invertébrés** dont 15 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), hydrozoaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), holothurides (4 taxons), crinoïdes (2 taxons), échinidés (2 taxons), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 10 espèces d'ascidies.
- **9 espèces de macrophytes** : algues rouges (4 taxons), algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons).
- **1 espèce de cyanobactéries.**





Suite à l'envahissement des coraux par *Asparagopsis*, le turf se développe sur les colonies affaiblies. D'autre part, de nombreuses colonies sont affectées par la maladie de la bande blanche





Photo n°29 : Vue d'ensemble des transects (ST011)

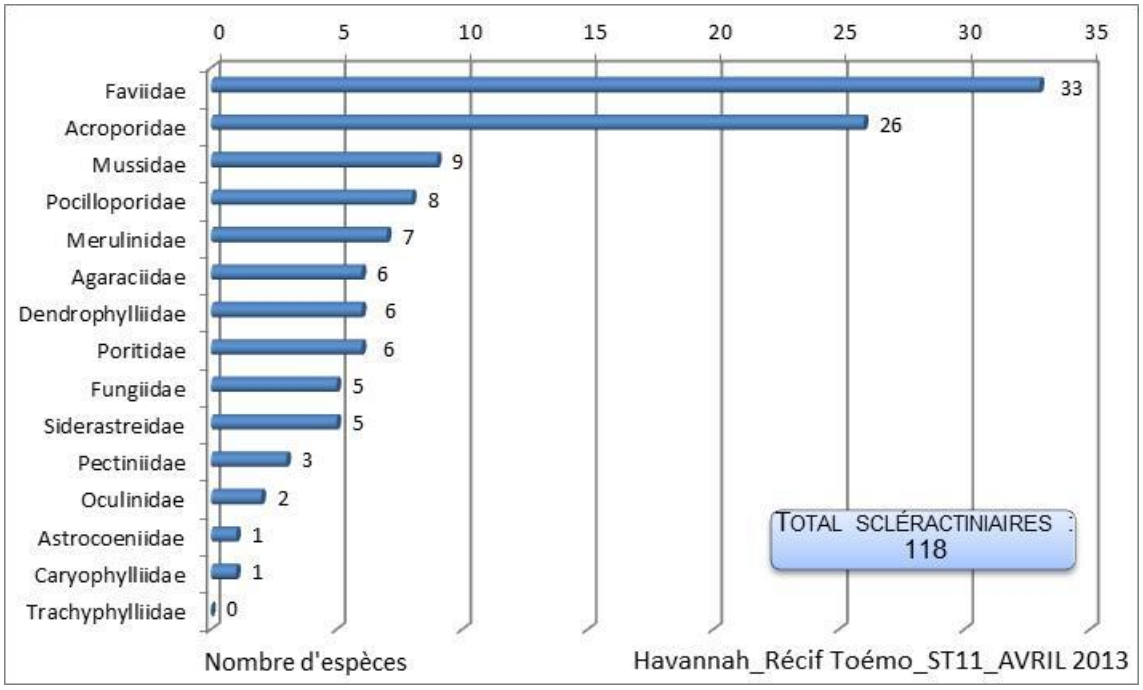


Figure n°138 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST11)

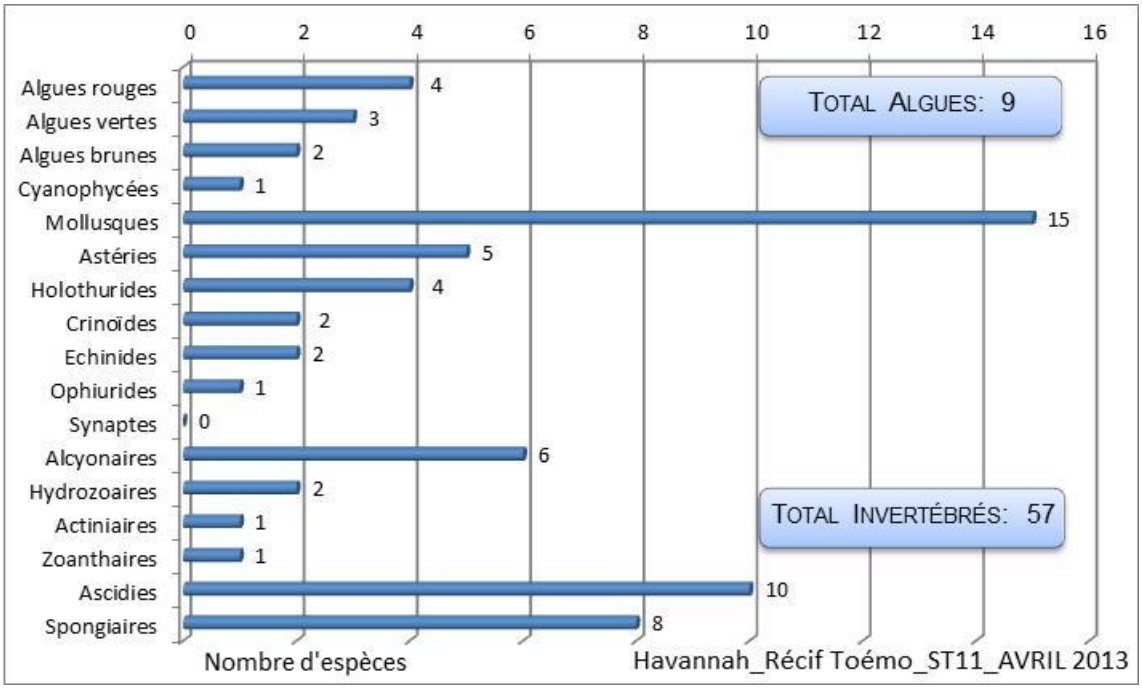


Figure n°139 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)

4.11.2.1 Benthos Transect 11 A

4.11.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST11A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST11A est composée de 86 espèces coralliennes dont 84 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (encroûtant), une espèce de gorgone.

Les familles scléractiniaires (84 taxons au sein de 10 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (26 taxons), les Acroporidae (20 taxons), les Pocilloporidae (7 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Merulinidae (6 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Dendrophylliidae (2 taxons), les Oculinidae (2 taxons).

Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Astrocoeniidae, des Caryophylliidae, des Fungiidae, des Pectiniidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 17/84 espèces de scléractiniaires (20,2%).
Le blanchissement visuel est de 1,1% de la surface du couloir.

Tableau n°231 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST11A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
3 espèces : •*Favia* spp. *(*3spp./+1spp.) (A3), •*Favites* spp. *(*3spp./+1spp.) (A3), •*Scapophyllia cylindrica (*A1).	7 espèces : •*Turbinaria peltata (*A2/+ 1), •*Barabattoia amicorum (*A2/+ 1), •*Echinopora gemmacea (*A2/+ 1), •*Hydnophora microconos (*A3/+ 1), •*Acanthastrea echinata (*A3/+ 1), •*Pocillopora verrucosa (*A3/+ 1), •*Psammocora contigua (*A2/+ 1).	17 espèces blanchies (20,2%) : ➢ Aucune précédemment blanchie. ➢ 17 nouvellement blanchies (20,2%) : •*Acropora formosa* (B1, N), •*Acropora (*branchu) (2spp.B*, B2, N), •*Acropora (*tabulaire) (2spp.B*, B2, N), •*Montipora* spp. *(*1spp.B*, B2, N), •*Pachyseris speciosa* (B1, N), •*Pavona maldivensis* (B1, N), •*Favia speciosa* (B1, N), •*Leptoria phrygia* (B1, N),•*Favia* spp. *(*1spp.B*, B1, N), •*Favites* spp. *(*1spp.B*, B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Seriatopora calendrium* (B2, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N), •*Porites lichen* (B1,N)
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
3 espèces : •*Acropora florida (*A0/-2), •*Fungia* spp. *(*-2spp.A0/-2).	Une seule espèce : •*Seriatopora calendrium (*A4/- 1)	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°232 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST11A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	20	21	21	21	21	21	21	18	13
Agaraciidae	6	6	6	5	5	5	5	2	1
Astrocoeniidae	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Faviidae	26	24	22	22	20	19	17	13	13
Fungiidae	0	2	2	1	0	0	0	0	0
Merulinidae	6	5	5	5	5	5	5	4	3
Mussidae	5	5	6	5	5	5	5	4	2
Oculinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Pocilloporidae	7	7	7	7	7	8	8	7	6
Poritidae	6	6	6	6	6	6	6	5	5
Siderastreidae	4	4	4	3	3	5	4	4	3
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**84**	**84**	**83**	**77**	**74**	**77**	**74**	**60**	**49**

Tableau n°233 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST11A)

Degré de liberté	ddl	77
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**29.13**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	98,484

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 233).

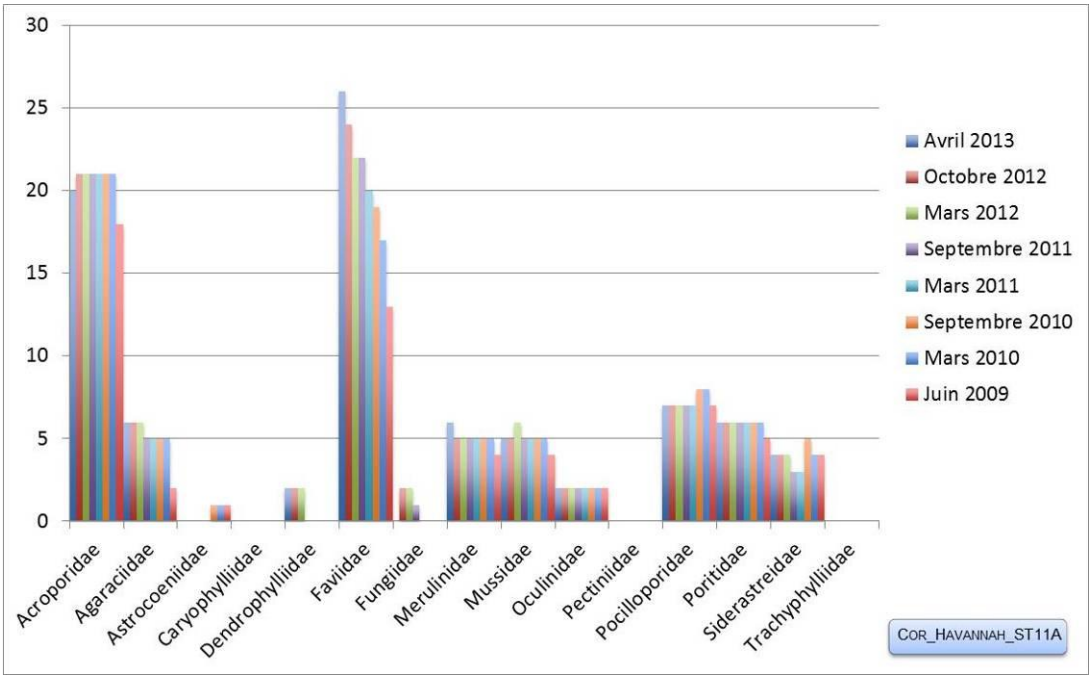


Figure n°140 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST11A)

4.11.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST11A est composée de 27 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 4 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies, et de 4 espèces de macrophytes : algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues vertes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Le recouvrement des macrophytes évolue beaucoup selon les missions (saisonnalité), les algues brunes (*Dictyota* sp.) et les algues rouges (particulièrement *Asparagopsis* et *Trichogloea*) présentent un développement très important (caractère invasif).

Tableau n°234 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST11A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-4) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue : l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/- 2).
Cyanobactéries	
☑	1 sp de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/+ 1).
Cnidaires	

2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2), •*Sinularia* sp. (A0/-3)	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Lobophytum* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (3 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A2), •*Linckia multifora* (A1), •*Nardoa gomophia* (A2) ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Echinostrephus aciculatus* (A1). 1 espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides : •*Parasalenia gratiosa* (A0/-2)	☑
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-1 sp) : •*Drupa* sp. (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Phyllidia ocellata* (A0/-1)	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les gastéropodes : •*Trochus niloticus* (A2/+ 1).
Éponges	
1 espèce d'éponges disparue : •*Hamigera strongylata* (A0/-2)	☑
Ascidies	
1 espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa sp2.* (transparente) (A0/-1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 1). 3 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Didemnum molle* (A2/- 1), •*Polycarpa aurita* (A3/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/- 2).
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°235 : *Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST11A)*

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	4	6	7	6	4	4	4	4	3
Actiniaires	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Astéries	4	1	4	5	0	0	0	0	2
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Échinides	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Holothurides	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spongiaires	4	5	6	5	3	2	4	4	4
Mollusques	5	7	10	13	4	1	1	1	1
Ascidies	6	7	9	9	3	4	5	5	6
Total	**28**	**31**	**44**	**46**	**18**	**15**	**19**	**18**	**20**

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 236).

Tableau n°236 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST11A)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**36.39**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

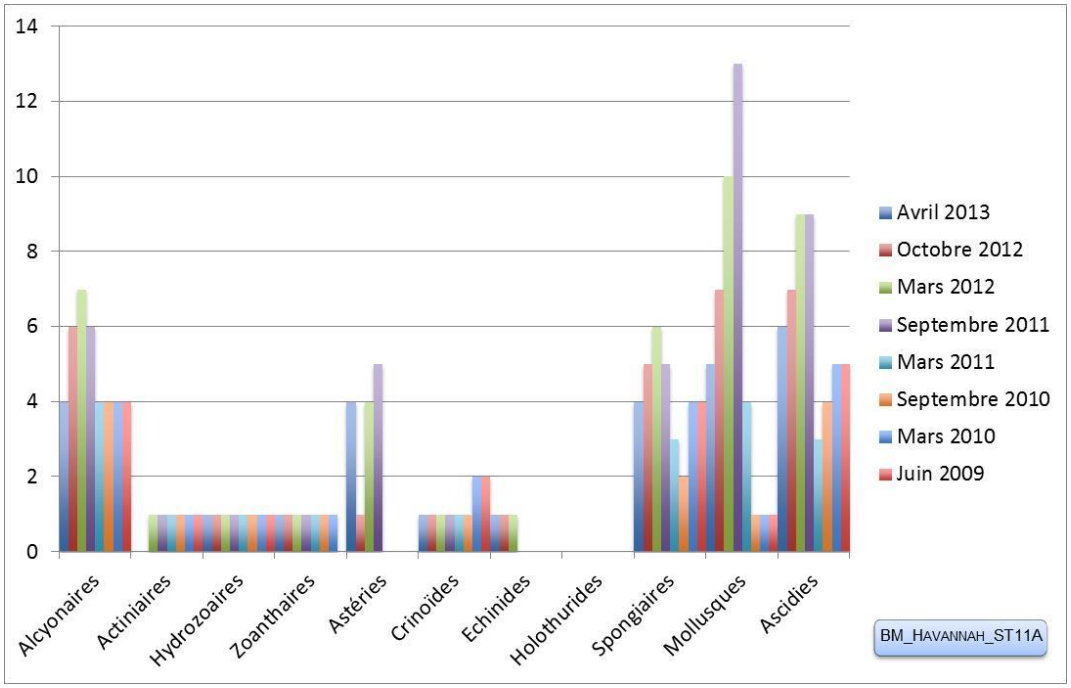


Figure n°141 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST11A)

4.11.2.2 Benthos Transect 11 B

4.11.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST11B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST11B est composée de 99 espèces coralliennes dont 92 espèces de scléractiniaires, 2 espèces de millépores (sub massif et encroûtant), 3 espèces de gorgones et 2 espèces d'antipathaires.

Les familles scléractiniaires (92 taxons au sein de 14 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (24 taxons), les Acroporidae (17 taxons), les Mussidae (7 taxons), les Pocilloporidae (7 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (6 taxons), les Merulinidae (6 taxons), les Poritidae (5 taxons), les Fungiidae (4 taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Pectiniidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Caryophylliidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 23/92 espèces de scléractiniaires (25%).
Le blanchissement visuel est de 1,6% de la surface du couloir.

Tableau n°237 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST11B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
7 espèces : •*Cirripathes* sp. (A1), •*Montipora* spp. (4spp./+2spp.) (A3),	10 espèces : •*Gardineroseris planulata* (A2/+ 1),	23 espèces blanchies (25%) : ➢ Aucune précédemment blanchie. ➢ 23 nouvellement blanchies (25%) :

•*Stylocoeniella armata* (A1), •*Euphyllia glabrescens* (A1), •*Goniastrea australiensis* (A1), •*Lobophyllia hattaii* (A1).	•*Favia* spp. (4spp., A3/+ 1), •*Favites* spp. (4spp., A3/+ 1), •*Pocillopora damicornis* (A3/+ 1).	•*Acropora florida* (B1, N), •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2, N), •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2, N), •*Astreopora* sp. (B1, N), •*Montipora* spp. (2spp.B*, B1, N), •*Favia speciosa* (B1, N), •*Favia* spp. (2spp.B*, B1, N), •*Favites* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Leptoria phrygia* (B1, N), •*Montastrea curta* (B1, N), •*Hydnophora exesa* (B1, N), •*Acanthastrea echinata* (B1, N), •*Lobophyllia corymbosa* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B2, N), •*Pectinia lactuca* (B1, N), •*Seriatopora calendrium* (B2, N), •*Stylophora pistillata* (B1, N), •*Porites lichen* (B1, N), •*Porites lobata* (B1, N)
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
4 espèces : •*Turbinaria radicalis* (A0/-1), •*Oulastrea crispata* (A0/-1), •*Herpolitha limax* (A0/-2), •*Pocillopora meandrina* (A0/-2).	3 espèces : •*Echinopora lamellosa* (A1/- 1), •*Polyphyllia talpina* (A1/- 1), •*Mycedium elephantotus* (A1/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°238 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST11B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	17	15	16	15	15	14	14	12	10
Agaraciidae	6	6	6	7	7	8	8	7	5
Astrocoeniidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophylliidae	1	0	0	0	2	2	2	0	0
Dendrophylliidae	6	7	6	7	6	6	6	6	6
Faviidae	24	24	24	25	22	22	22	19	18
Fungiidae	4	5	4	1	1	1	1	1	1
Merulinidae	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mussidae	7	6	8	7	7	7	7	5	5
Oculinidae	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	3	3	3	3	3	4	4	3	2
Pocilloporidae	7	8	8	8	8	7	7	6	5
Poritidae	5	5	4	4	4	4	4	3	3
Siderastreidae	4	4	5	5	5	5	5	5	3
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**92**	**90**	**92**	**90**	**88**	**88**	**88**	**75**	**66**

Tableau n°239 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST11B)

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**28.48**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 239).

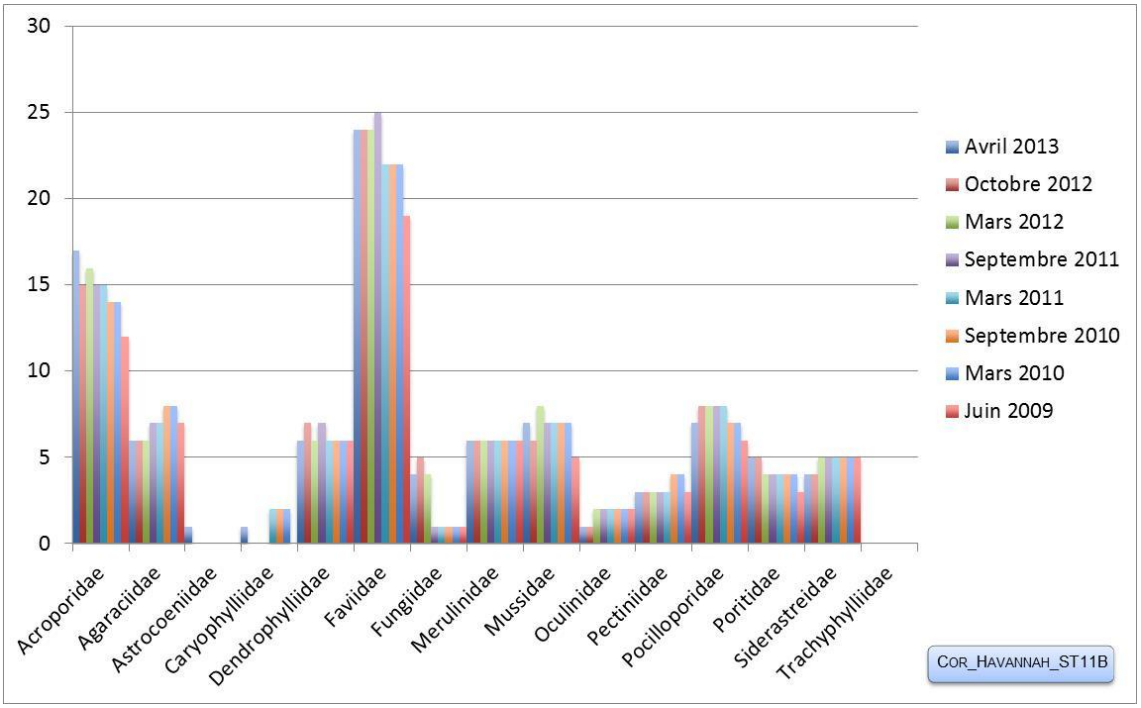


Figure n°142 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST11B)

4.11.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST11B est composée de 47 espèces d'invertébrés dont 10 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), hydrozoaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (2 taxons), échinidés (2 taxons), ophiurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies, et de 8 espèces de macrophytes : algues rouges (4 taxons), algues brunes (2 taxons), algues vertes (2 taxons) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°240 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST11B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2) ; 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-3) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 3 espèces d'algues diminuent, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2/- 1) ; et 2 algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/- 2), •*Plocamium sandvicense* (A1/- 1).
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/+ 1).
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Cladiella* sp. (A3/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires : •*Macrorhynchia phoenicea* (A1/-1)
Échinodermes	
5 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 sp) : •*Linckia multifora* (A1), •*Nardoa gomophia* (A2) ; ➢ pour les holothurides (3 sp) : •*Bohadschia graeffei* (A1), •*Holothuria atra* (A1), •*Holothuria*	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes : •Crinoïdes ind. (A1/- 1).

edulis (A1)	
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes : •*Conus distans* (A1), •*Conus ratus* (A1), •*Coralliophila violacea* (A2), •*Latirolagena smaragdula* (A2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les gastéropodes : •*Astraea rhodostoma* (A1/- 1).
Éponges	
☑	1 sp d'éponges diminue d'abondance : •sp ind. (noire) (A3/-1)
Ascidies	
1 espèce d'ascidies disparue : •*Aplidium flavolineatum* (A0/-2).	2 sp d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A3/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A2/- 2).
Bryozoaires	
☑	Une espèce de bryozoaires diminue d'abondance : •Cyclostomes ind. (A1/- 1).

Tableau n°241 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST11B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	6	6	7	6	6	6	7	7	6
Actiniaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hydrozoaires	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	3	1	2	3	0	0	1	2	0
Crinoïdes	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Échinides	2	2	1	0	0	0	0	0	0
Holothurides	3	0	1	1	1	0	0	0	1
Spongiaires	7	7	7	5	4	4	4	4	4
Mollusques	10	6	10	8	2	1	1	1	1
Ascidies	7	8	9	9	3	3	4	4	4
Total	**49**	**41**	**49**	**42**	**23**	**21**	**25**	**25**	**23**

Tableau n°242 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST11B)

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**40.10**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 242).

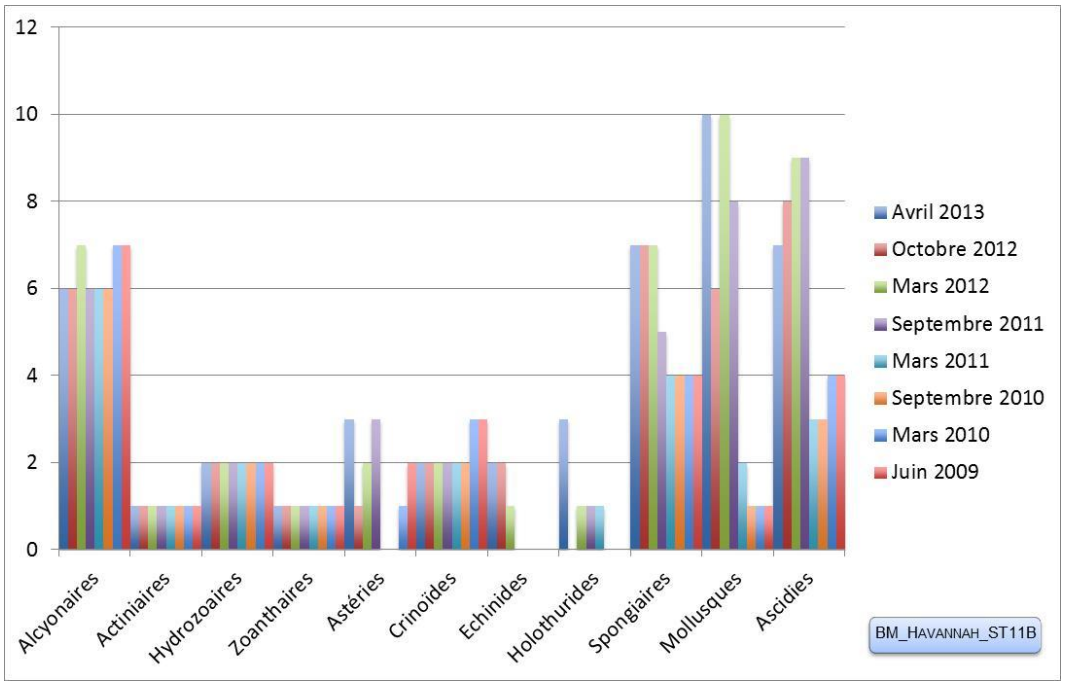


Figure n°143 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST11B)

4.11.2.3 Benthos Transect 11 C

4.11.2.3.1 Les Scléractiniaires (ST11C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST11C est composée de 43 espèces coralliennes dont 40 espèces

Les familles scléractiniaires (40 taxons au sein de 11 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (13 taxons), les Acroporidae (5 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (3 taxons), les Fungiidae (3 taxons), les Pocilloporidae (3 taxons), les Poritidae (3 taxons), les Agaraciidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon), les Siderastreidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Merulinidae, des Pectiniidae, des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 6/40 espèces de scléractiniaires (15%).
Le blanchissement visuel est de 0,8% de la surface du couloir.

Le bas de pente est une zone d'accumulation de débris coralliens et de roches. Ce récif est en affaiblissement depuis les évènements cycloniques du début d'année 2011 et les perturbations se sont intensifiées avec le cyclone Fréda.
Après des perturbations d'une si grande ampleur, le récif va mettre beaucoup de temps à se stabiliser et se régénérer. Les scléractiniaires sont dégradés mécaniquement par ce phénomène d'avalanche (augmentation des débris).

Tableau n°243 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST11C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
5 espèces : •*Gardineroseris planulata* (A1), •*Cyphastrea chalcidicum* (A1), •*Acanthastrea bowerbanki* (A1), •*Acanthastrea echinata* (A2), •*Lobophyllia hattaii* (A1).	Aucune	6 espèces blanchies (15%) : ➢ Aucune précédemment blanchie. ➢ 6 nouvellement blanchies (15%) : •*Acropora* (tabulaire) (1spp.B*, B1, N), •*Turbinaria peltata* (B1, N), •*Favia* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Lobophyllia corymbosa*

		(B1, N), •*Pocillopora damicornis* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
10 espèces : •Gorgone ind.sp. (1spp./-1spp.A2/-0), •*Acropora* (branchu) (-2spp.A0/-2), •*Acropora* (tabulaire) (2spp./-1spp.A2/-0), •*Pachyseris speciosa* (A0/-2), •*Turbinaria mesenterina* (A0/-1), •*Cyphastrea* sp. (A0/-1), •*Pocillopora verrucosa* (A0/-2), •*Seriatopora calendrium* (A0/-2), •*Stylophora subseriata* (A0/-1).	9 espèces : •*Cirripathes* sp. (A1/- 1), •*Montipora* spp. (2spp., A2/-1) •*Turbinaria reniformis* (A1/-1) •*Herpolitha limax* (A1/- 1), •*Polyphyllia talpina* (A1/- 1), •*Sandalolitha robusta* (A1/- 1), •*Scolymia vitiensis* (A1/- 1), •*Galaxea fascicularis* (A2/- 1).	Pas d'espèce précédemment blanchie.

Tableau n°244 : *Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST11C)*

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	5	8	8	9	9	8	8	8	5
Agaraciidae	2	2	4	4	2	2	2	2	2
Astrocoeniidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caryophylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrophylliidae	3	4	3	3	2	2	2	2	2
Faviidae	13	13	14	13	12	12	12	11	9
Fungiidae	3	3	4	3	4	4	4	4	4
Merulinidae	0	0	2	4	4	4	4	3	3
Mussidae	5	2	4	6	6	6	6	6	4
Oculinidae	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Pectiniidae	0	0	2	2	2	3	3	1	1
Pocilloporidae	3	6	6	6	6	6	6	6	5
Poritidae	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Siderastreidae	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**40**	**44**	**54**	**57**	**53**	**53**	**53**	**49**	**40**

Tableau n°245 : *Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST11C)*

Degré de liberté	ddl	84
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**27.08**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	106.395

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 245).

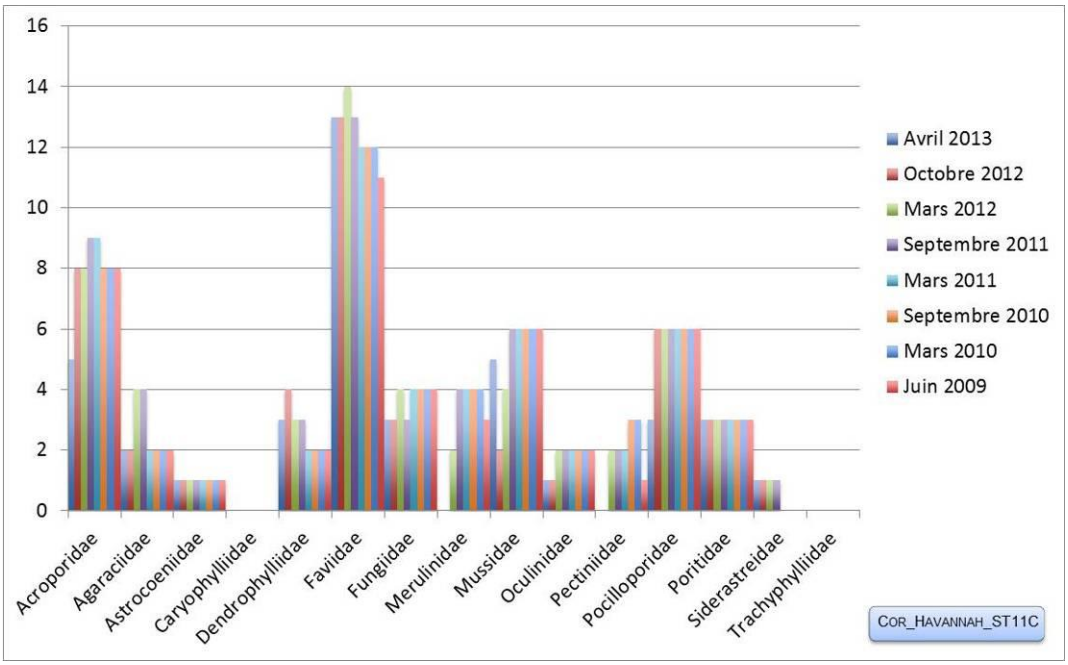


Figure n°144 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST11C)

4.11.2.3.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST11C)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST11C est composée de 36 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : holothurides (4 taxons), astéries (3 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 9 espèces d'ascidies, et de 7 espèces de macrophytes : algues rouges (3 taxons), algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°246 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST11C)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 sp d'algues diminuent, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2/-1) et l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2/-1)
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/+ 1).
Cnidaires	
☑	2 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Sarcophyton* sp. (A2/- 1) ; ➢ pour les zoanthaires (1 sp) : •*Palythoa* sp. (A2/- 1)
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les holothurides : •*Bohadschia argus* (A1), •*Bohadschia graeffei* (A1). 1 espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides : •*Diadema setosum* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A2/+ 1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria atra* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries : •*Nardoa gomophia* (A1/- 1).
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes : •*Coralliophila violacea* (A2), •*Pteristernia reincarnata* (A1), •*Vasum*	☑

ceramicum (A1), •*Vasum* sp. (A1).	
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Cymbastella cantharella* (A1).	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Hamigera strongylata* (A2/- 1), •*Cliona jullienei* (A3/- 1).
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Clavelina detorta* (A0/-2), •*Aplidium flavolineatum* (A0/-2)	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/- 2).
Bryozoaires	
☑	Une espèce de bryozoaires diminue d'abondance : •*Alcyonidium* sp. (A2/- 1).

Tableau n°247 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST11C)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	4	4	4	4	4	4	5	5	4
Actiniaires	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoanthaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Astéries	3	3	3	2	0	0	0	0	0
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinides	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Holothurides	4	2	2	2	2	2	1	1	0
Spongiaires	7	6	5	6	7	6	8	8	8
Mollusques	5	1	3	3	1	3	1	1	0
Ascidies	9	11	12	12	6	6	6	5	4
Total	**37**	**33**	**38**	**37**	**25**	**26**	**26**	**25**	**21**

Tableau n°248 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST11C)

Degré de liberté	ddl	70
Somme de tout	Khi² obs.	**30.40**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	90.531

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 248).

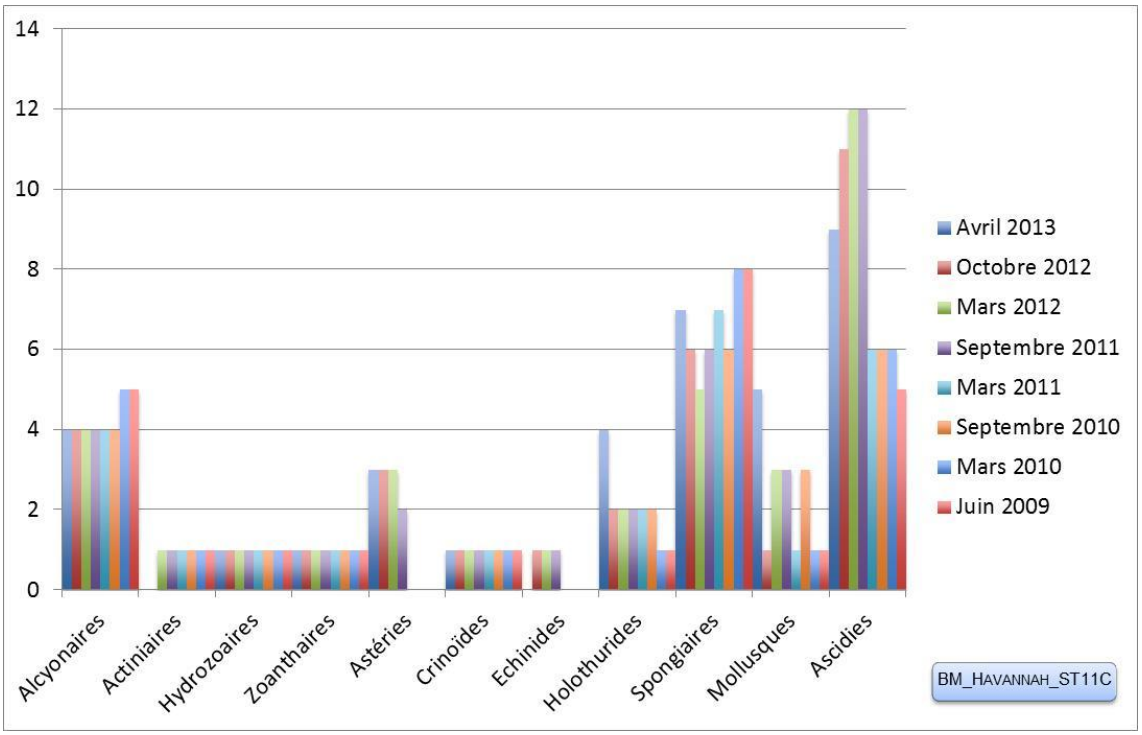


Figure n°145 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST11C)

4.11.3 Les poissons (ST11)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[15] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 249.

Tableau n°249 : Données sur les poissons (ST11)

Récif Toémo ST11		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*							3	0,03	7,81	1,00	0,01	2,60
Aca	*Acanthurus dussumieri*							1	0,01	4,76	0,33	0,00	1,59
Aca	*Acanthurus lineatus*	15	0,15	62,13							5,00	0,05	20,71
Aca	*Acanthurus mata*				10	0,08	26,04				3,33	0,03	8,68
Aca	*Ctenochaetus flavicauda*	1	0,02	2,67							0,33	0,01	0,89
Aca	*Ctenochaetus striatus*							3	0,03	0,86	1,00	0,01	0,29
Aca	*Naso unicornis*							2	0,01	2,29	0,67	0,00	0,76
Aca	*Zebrasoma scopas*				3	0,03	0,60				1,00	0,01	0,20
Aca	*Zebrasoma veliferum*				1	0,01	2,00				0,33	0,00	0,67
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				1	0,01	0,01				0,33	0,00	0,00
Can	*Canthigaster valentini*							1	0,01	0,02	0,33	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon auriga*							1	0,01	0,69	0,33	0,00	0,23
Cha	*Chaetodon mertensii*				1	0,01	0,10	1	0,01	0,10	0,67	0,01	0,07
Cha	*Chaetodon pelewensis*							2	0,03	1,88	0,67	0,01	0,63
Cha	*Chaetodon plebeius*	2	0,02	0,05	2	0,02	0,05				1,33	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon speculum*	3	0,05	1,00							1,00	0,02	0,33
Cha	*Chaetodon unimaculatus*				2	0,02	0,33				0,67	0,01	0,11
Epi	*Plectropomus leopardus*				1	0,01	10,72	1	0,01	16,00	0,67	0,01	8,91
Lab	*Bodianus perditio*							1	0,01	0,17	0,33	0,00	0,06
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	2,00				1	0,01	2,00	0,67	0,01	1,33
Lab	*Cirrhilabrus scottorum*				15	0,19	3,75				5,00	0,06	1,25
Lab	*Gomphosus varius*				1	0,01	0,35				0,33	0,00	0,12
Lab	*Hemigymnus melapterus*	2	0,02	2,33							0,67	0,01	0,78
Lab	*Labroides dimidiatus*				1	0,02	0,07	1	0,02	0,07	0,67	0,01	0,05
Lab	*Thalassoma hardwicke*	10	0,10	0,69							3,33	0,03	0,23
Lab	*Thalassoma lunare*	7	0,07	1,02				5	0,06	0,64	4,00	0,04	0,55
Lab	*Thalassoma lutescens*	7	0,07	0,48	2	0,03	0,26	1	0,01	0,13	3,33	0,04	0,29
Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	10	0,10	1,46	1	0,01	0,20	1	0,01	0,68	4,00	0,04	0,78
Mul	*Parupeneus multifasciatus*							1	0,01	0,35	0,33	0,00	0,12
Nem	*Scolopsis bilineatus*							2	0,02	2,00	0,67	0,01	0,67
Poc	*Centropyge bicolor*	5	0,08	0,61	4	0,05	0,37	4	0,05	0,37	4,33	0,06	0,45
Poc	*Centropyge bispinosa*	2	0,03	0,15	2	0,03	0,11	2	0,03	0,11	2,00	0,03	0,12
Poc	*Centropyge flavissima*	3	0,05	0,22	3	0,04	0,16				2,00	0,03	0,13
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,05	0,22	3	0,04	0,16	3	0,04	0,16	3,00	0,04	0,18
Pom	*Chromis fumea*	30	0,30	1,14	20	0,25	0,95				16,67	0,18	0,70
Pom	*Chrysiptera taupou*	12	0,12	0,15				10	0,13	0,16	7,33	0,08	0,10
Pom	*Dascyllus reticulatus*	20	0,20	0,37	30	0,75	1,40				16,67	0,32	0,59
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	12	0,12	0,30				10	0,13	0,16	7,33	0,08	0,15
Pom	*Stegastes fasciolatus*	10	0,07	1,04							3,33	0,02	0,35
Sca	*Chlorurus sordidus*							10	0,10	2,00	3,33	0,03	0,67
Sca	*Scarus rubroviolaceus*	3	0,02	6,70							1,00	0,01	2,23
Sca	*Scarus schlegeli*				1	0,01	3,91	1	0,01	1,95	0,67	0,01	1,95
Total		**158**	**1,66**	**84,72**	**104**	**1,61**	**51,54**	**68**	**0,77**	**45,34**	**110,00**	**1,35**	**60,53**
Biodiversité		**20**			**20**			**24**			**42**		
Indice de Shannon =		4,459											
Equitabilité =		0,827											

[15] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Sur l'ensemble des transects de la station, 330 individus appartenant à 42 espèces différentes (tableau 249) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.35 poissons/m² pour une biomasse de 60.53 g/m².
92 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 250).

Tableau n°250 : Liste des espèces complémentaires (ST11)

Récif Toémo ST11					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Mur	*Gymnothorax javanicus*
Aca	*Acanthurus lineatus*	Hae	*Plectorhinchus picus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Acanthurus mata*	Lab	*Anampses femininus*	Pin	*Parapercis flavissimus*
Aca	*Ctenochaetus flavicauda*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pin	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Bodianus perditio*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Cirrhilabrus scottorum*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis amboinensis*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis fumea*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis leucura*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chromis margaritifer*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Halichoeres melanurus*	Pom	*Chrysiptera starcki*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*
Cha	*Heniochus varius*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cir	*Paracirrhites arcatus*	Lab	*Pseudocheilinus evanidus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Lab	*Pseudodax moluccanus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	Lab	*Pteragogus cryptus*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Pom	*Stegastes fasciolatus*
Epi	*Epinephelus fasciatus*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus niger*
Epi	*Variola louti*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Gob	*Valenciennea puellaris*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sca	*Scarus schlegeli*
Gra	*Diploprion bifasciatum*	Mic	*Ptereleotris evides*		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2007 est donné dans le tableau 251 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 146.

Tableau n°251 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2007 à 2013 (ST11)

Familles	Récif Toémo ST11									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	2	1	3	5	7	4	7	4	7	**9**
Anthiinidae	1	2		1		2	1	1	1	**0**

Blenniidae			1	1				1		**0**
Caesionidae		1		1	1			1	1	**1**
Canthigasteridae					1		1	1		**1**
Chaetodontidae	6	7	5	6	8	11	12	11	8	**6**
Epinephelinae	2	3	1	3	1	1	1	2	1	**1**
Labridae	4	9	4	7	9	9	10	9	10	**10**
Mullidae	1	2	1	2	2	3	2	1	2	**1**
Nemipteridae		1	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Pomacanthidae	3	4	5	4	5	4	2	3	4	**4**
Pomacentridae	5	3	6	5	6	6	6	5	3	**5**
Pseudochromidae							1			**0**
Ptereleotridae	1	1								**0**
Scaridae	2	5	3	5	2	8	4	5	5	**3**
Scombridae	1									**0**
Siganidae				1						**0**
Zanclidae	1		1		1	1				**0**
Total espèces	**29**	**39**	**31**	**43**	**44**	**51**	**48**	**45**	**43**	**42**
Total familles	**12**	**12**	**11**	**14**	**12**	**11**	**12**	**13**	**11**	**11**

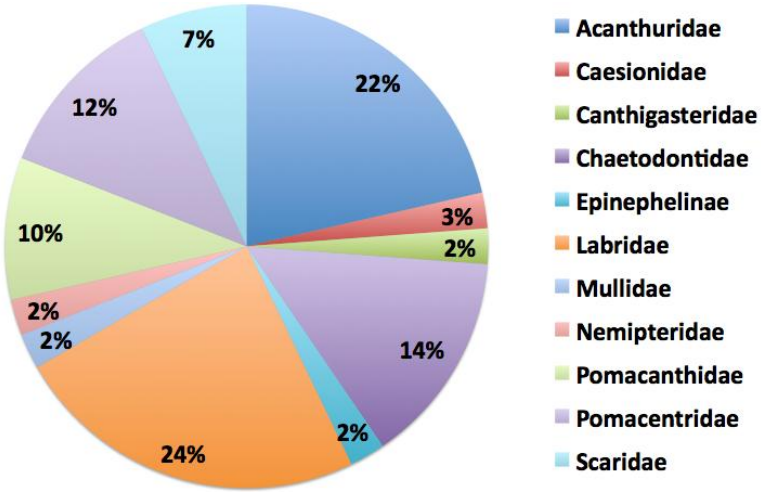


Figure n°146 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST11)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 - 2013 est effectuée (cf. tableau 252), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°252 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2007 à 2013 (ST11)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
103,06	153	189,37	11/18

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),

- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 253 et la figure 147.

Tableau n°253 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11)

Récif Toémo ST11		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2013 a	Transect A	158,00	1,66	84,72	20		
	Transect B	104,00	1,61	51,54	20		
	Transect C	68,00	0,77	45,34	24		
	Moy. ABC	110,00	1,35	60,53	42	55	92
2012 b	Moy. ABC	97,33	1,27	108,09	44	70	110
2012 a	Moy. ABC	122,33	1,70	114,66	45	85	116
2011 b	Moy. ABC	74	0,90	38,56	48	67	109
2011 a	Moy. ABC	129,33	2,50	188,39	51	79	116
2010 b	Moy. ABC	180	1,59	75,10	44	61	88
2010 a	Moy. ABC	93,33	1,86	75,42	43	65	95
2009	Moy. ABC	74,67	3,12	79,63	31	50	74
2008	Moy. ABC	111,33	1,90	61,85	39	57	71
2007[16]	Moy. ABC	123,67	1,64	174,47	29	37	53

[16] Les données 2007 ont été reprises en éliminant les espèces qui ne figurent pas sur cette liste car le rapport 2007 ne tient pas compte de la liste DENV sur le TLV.

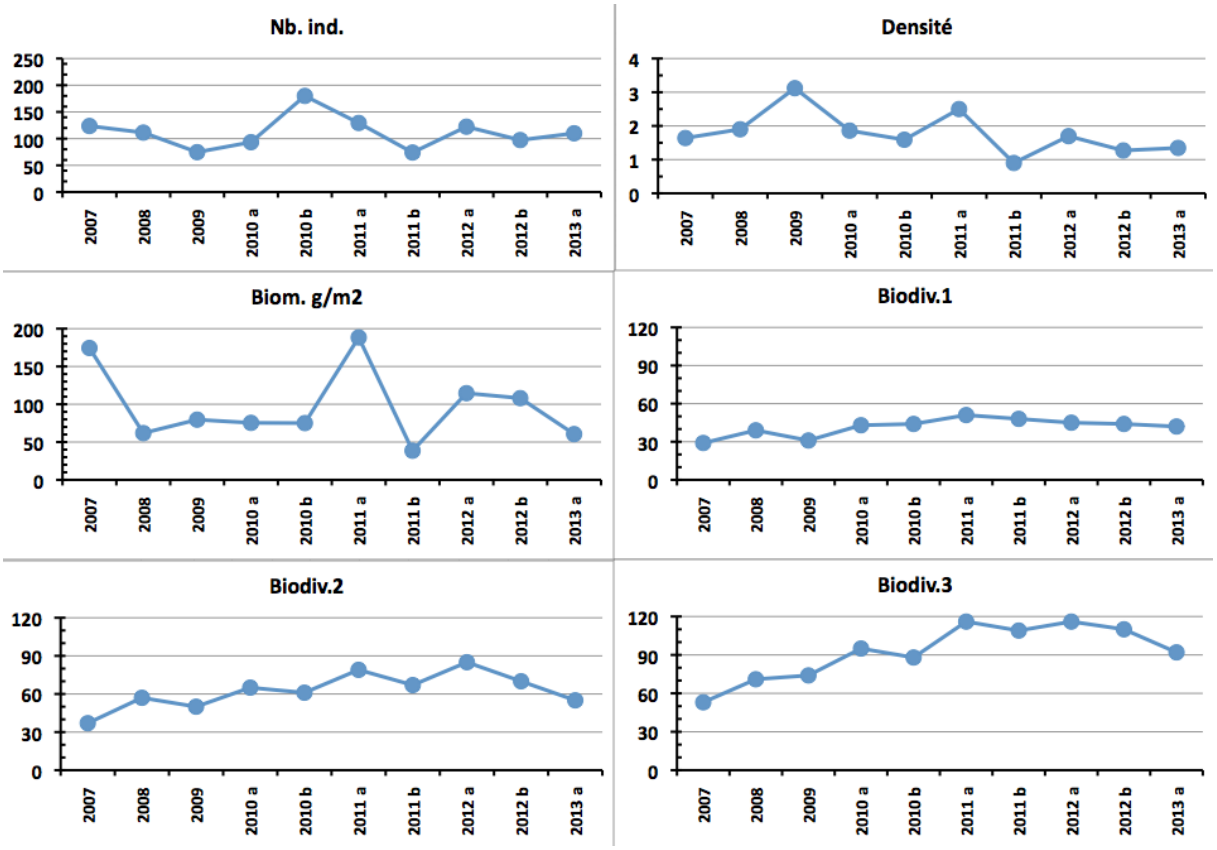


Figure n°147 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 254 et représentation figure 148.

Les paramètres de cette station sont moins variables que sur les autres stations. Même la biomasse n'atteint pas les 100 %.
Toutefois, à l'instar de Puka (ST08), cette station, également côtière, ne montre pas la même évolution que les dix autres. Au contraire, la valeur des paramètres est au mieux moyenne.

Tableau n°254 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	952,37	0,40	2 445,74	48,04	195,16	452,71
Coef. de Var.	0,28	0,36	0,51	0,17	0,22	0,23

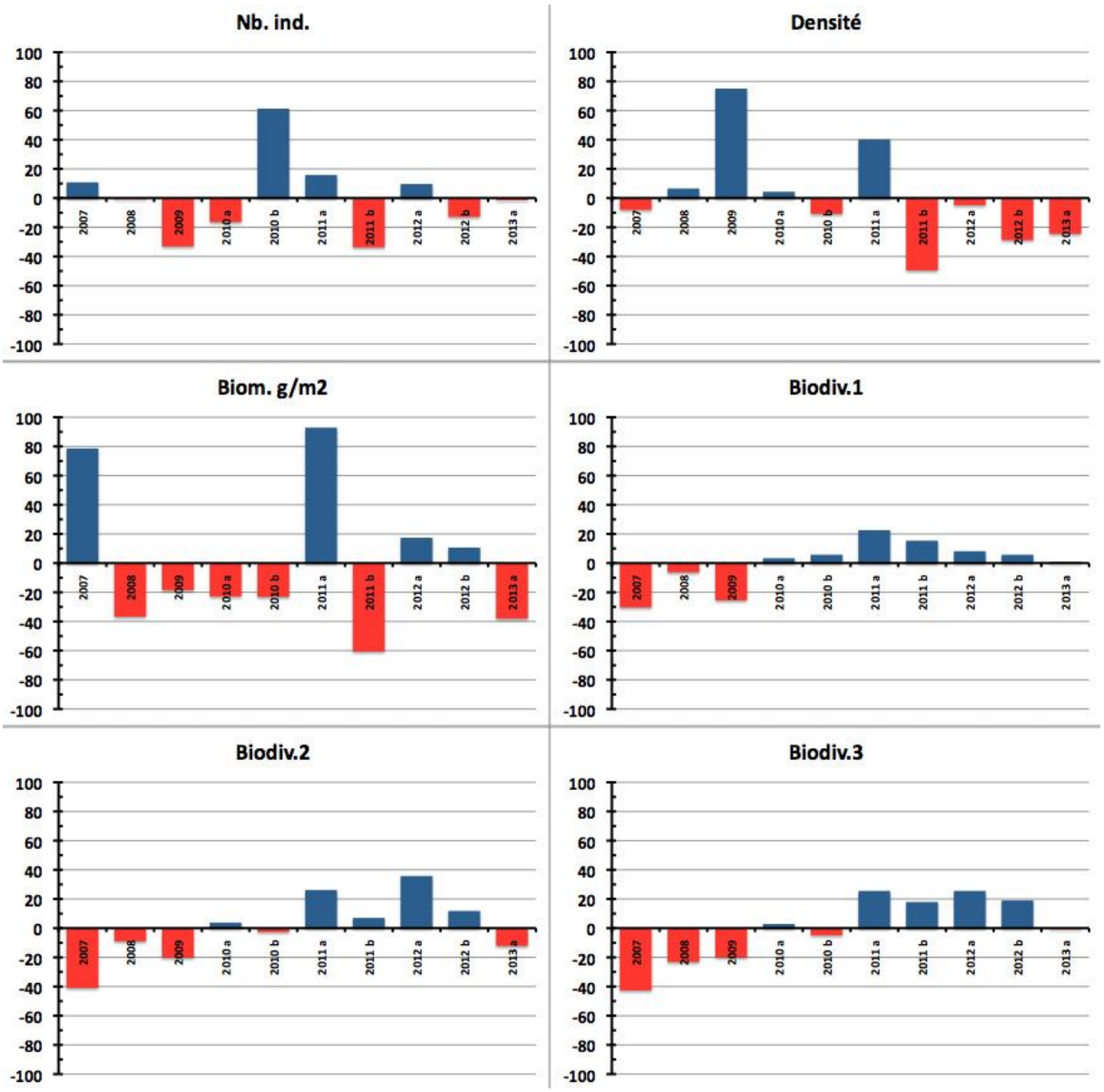


Figure n°148 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

4.12 Station 12 = Ilot Ugo

Localisation géographique	Partie nord de la façade ouest du récif frangeant sous le vent de l'îlot Ugo (photographie 30).
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 5 et 13 mètres de profondeur, perpendiculairement à la pente du récif frangeant dans un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Il n'y a que 2 transects car sous 14 m de profondeur, les constructions coralliennes deviennent de plus en plus restreintes (gros blocs rocheux et débris coralliens qui ont dévalés la pente). Puis, vers 17 m de profondeur, la pente sédimentaire, composée de sable et inclinée à 35°, est colonisée principalement par une grande variété d'holothuries (*Holothuria fuscopunctata, Bohadschia argus, Stichopus stichopus, S. variegatus, Thelenota ananas*). Ces dernières s'éparpillent à travers le substrat meuble et les quelques débris. Un transect à 20 m n'aurait donc pas été pertinent en termes de suivi (recouvrement biotique très faible et recouvrement corallien proche de nul). Le transect A a été installé dans le haut du tombant récifal. Un grand couloir d'avalanche traverse la pente récifale jusqu'au pied du 2ème transect. Le niveau bathymétrique du transect B se caractérise par un recouvrement important de débris, de blocs coralliens sur du sable coquillé, avec un couloir d'effondrement à la fin du transect. Un massif corallien du genre *Goniopora* de taille pluri métrique s'étale sur les débris coralliens. Les autres colonies de madrépores sont de taille décimétrique et sont dispersées de manière éparse.

Description générale

Ce récif est soumis aux courants de marées et subi sur sa façade sud-est l'assaut des vagues dues aux alizés, alors que sa façade nord et nord-ouest est plus protégée.
La station est positionnée sur le front récifal du récif frangeant. Le platier récifal est large, arasé et peu colonisé par les coraux.

Le haut du tombant récifal est structuré en marches d'escalier délimitées par de grandes colonies de *Porites* sp.. Ce niveau bathymétrique est bien colonisé par les scléractiniaire de tailles hétérogènes (décimétrique à pluri métrique). Les massifs coralliens de taille métrique et de forme massive se développent particulièrement en haut de récif jusqu'à mi pente, laissant la place au fur et à mesure aux coraux branchus. Cependant, la structure récifale présente des couloirs d'effondrement avec par place de grandes accumulations de débris coralliens et de roches. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines. De petites colonies coralliennes s'édifient et les *Cliona* encroûtent quelques coraux massifs.

Caractéristiques principales

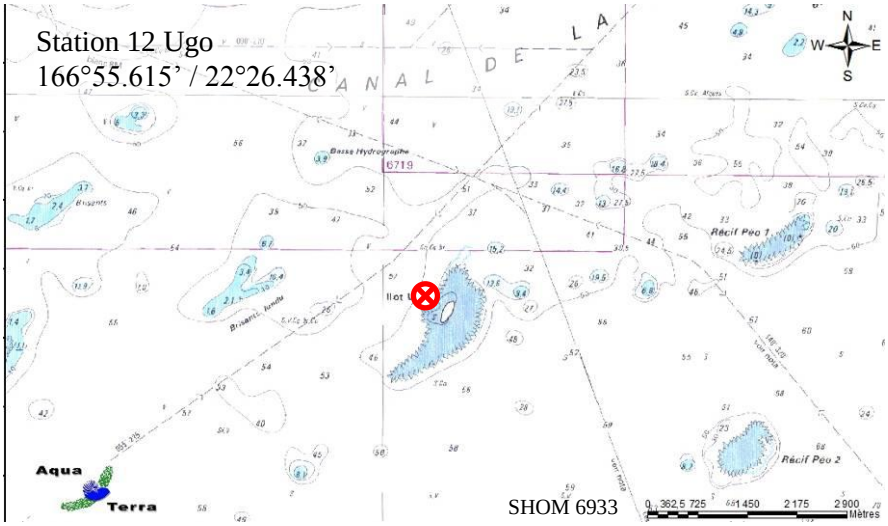
- Croissance de grandes colonies de *Porites* sp., *Lobophyllia corymbosa* et de grands massifs d'*Alveopora* sp., *Goniopora* sp. et *Acropora* spp.
- Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique (turn over important)
- Grande diversité et abondance des coraux libre (Fungiidae) qui affectionnent particulièrement ce substrat détritique
- Accumulation de débris importante sous le transect et en périphérie de la station (grand couloir d'effondrement qui devient de plus en plus large)
- Mortalité corallienne, couloir d'effondrement et nombreux débris (lors des périodes dépressionnaires)
- Sédimentation importante de particules fines carbonatées en bas du tombant (début de pente sédimentaire)
- Recouvrement très important de *Sarcophyton* (alcyonaires)
- Recouvrement algal très faible
- Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens

Variations entre octobre 2012 et avril 2013

- Le cyclone Fréda a engendré de nombreuses perturbations (débris coralliens, mortalité des coraux)
- La richesse spécifique des coraux reste équivalente en surface mais l'abondance relative des colonies diminue beaucoup et l'accumulation de débris a fragilisé les colonies coralliennes en bas de pente avec une diminution de

diversité importante pour le transect B

- **Le blanchissement corallien affecte 31/109** espèces de scléractiniaires (28.4%) et le blanchissement visuel moyen est de 2% de la surface totale observée (sédimentation de particules fines carbonatées et effondrement des débris coralliens)
- **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaires (l'ensemble de la station) **et croissance anormale** sur des colonies de *Porites* au transect A
- Développement modéré de cyanobactéries sur les coraux morts en place et les débris coralliens
- Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions
- Les échinodermes et les gastéropodes apprécient les phases d'effondrement de nouveaux débris coralliens pour se nourrir
- Diminution de l'abondance des crinoïdes





Carte n°14 : <u>Localisation de la station 12 (Ilot Ugo)</u>



Photo n°30 : <u>Position en surface par rapport à la côte (ST12)</u>

4.12.1 Le substrat (ST12)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 149 pour le transect A et dans la figure 150 pour le transect B.

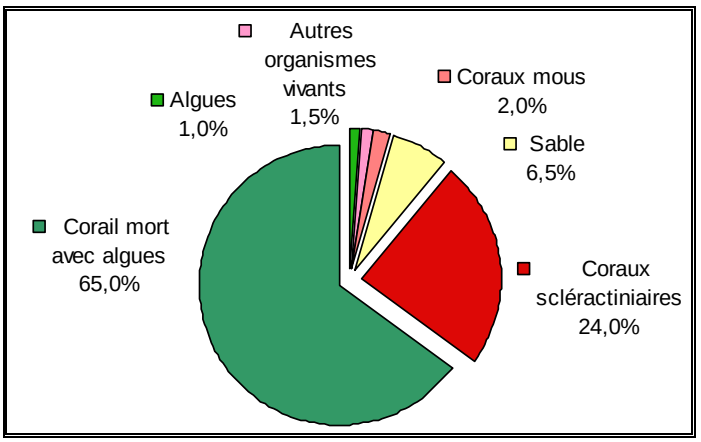


Figure n°149 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A

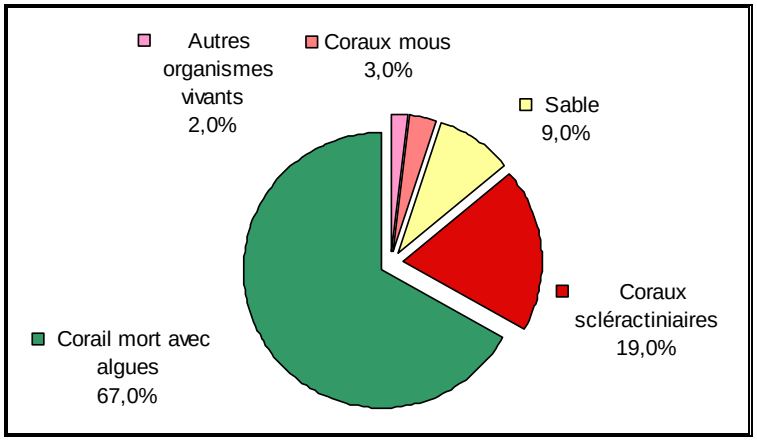


Figure n°150 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B

Les deux transects sont riches en coraux scléractiniaires vivants, avec 24% et 19% respectivement chacun.
Le reste du substrat majoritaire fait une large part aux coraux morts recouverts d'algues (65% et 67%). De ce fait, le recouvrement est surtout biotique avec plus de 90% pour chaque transect (93.5% et 91%).

La station est globalement stable.

4.12.2 Le benthos (ST12)

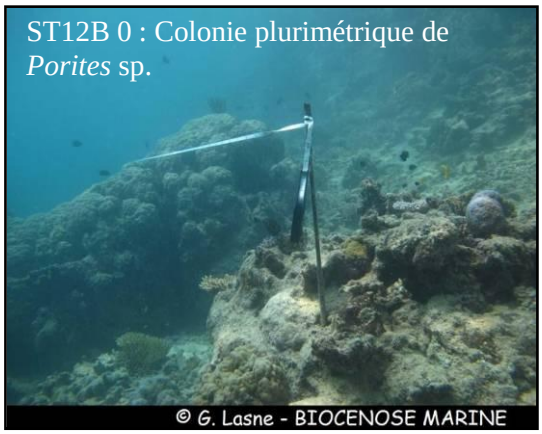
La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe 05.

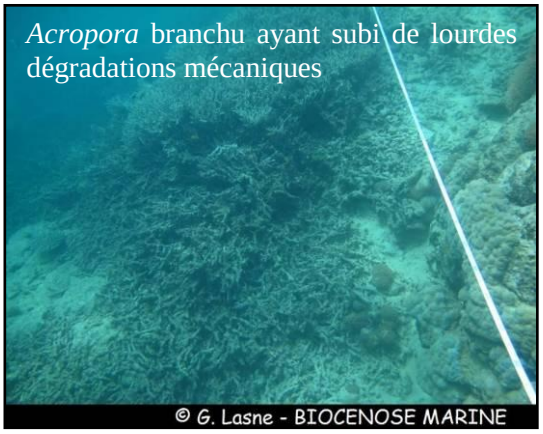
En avril 2013, la richesse spécifique de la station Ugo (ST12) est composée de 116 espèces coralliennes, de 48 espèces d'invertébrés, de 3 espèces de macrophytes et d'une espèce de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **116 espèces coralliennes** (dont 109 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), une espèce de gorgone, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère). Les familles scléractiniaires (109 taxons au sein de 14 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (24 taxons), les Acroporidae (19 taxons), les Fungiidae (15 taxons), les Agaraciidae (8 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Pectiniidae (6 taxons), les Poritidae (6 taxons), les Dendrophylliidae (5 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Astrocoeniidae (3 taxons), les Caryophylliidae (3 taxons), les Siderastreidae (3 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 31/109 espèces de scléractiniaires (28,4%).
Le blanchissement visuel moyen est de 2% de la surface totale observée.

- **48 espèces d'invertébrés** dont 17 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), holothurides (3 taxons), échinidés (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies.
- **3 espèces de macrophytes** : algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon).
- **1 espèce de cyanobactéries.**





Les nombreux coraux branchus brisés et les débris coralliens forment des couloirs d'effondrement sur la pente sédimentaire.





Photo n°31 : Vue d'ensemble des transects (ST12)

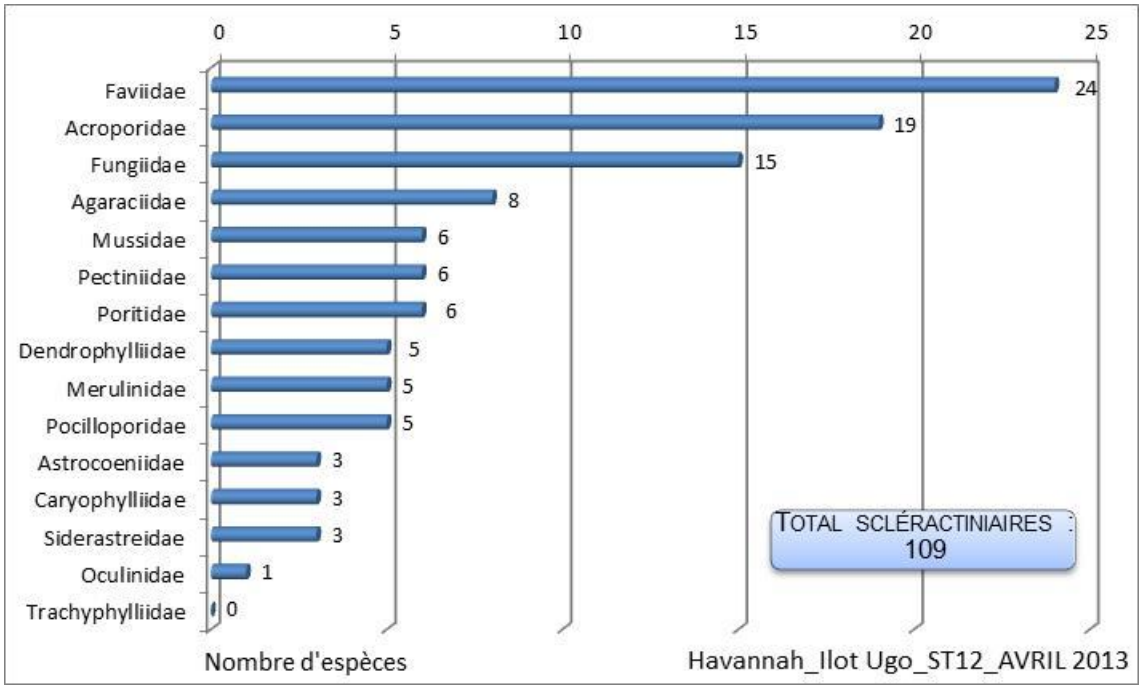


Figure n°151 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST12)

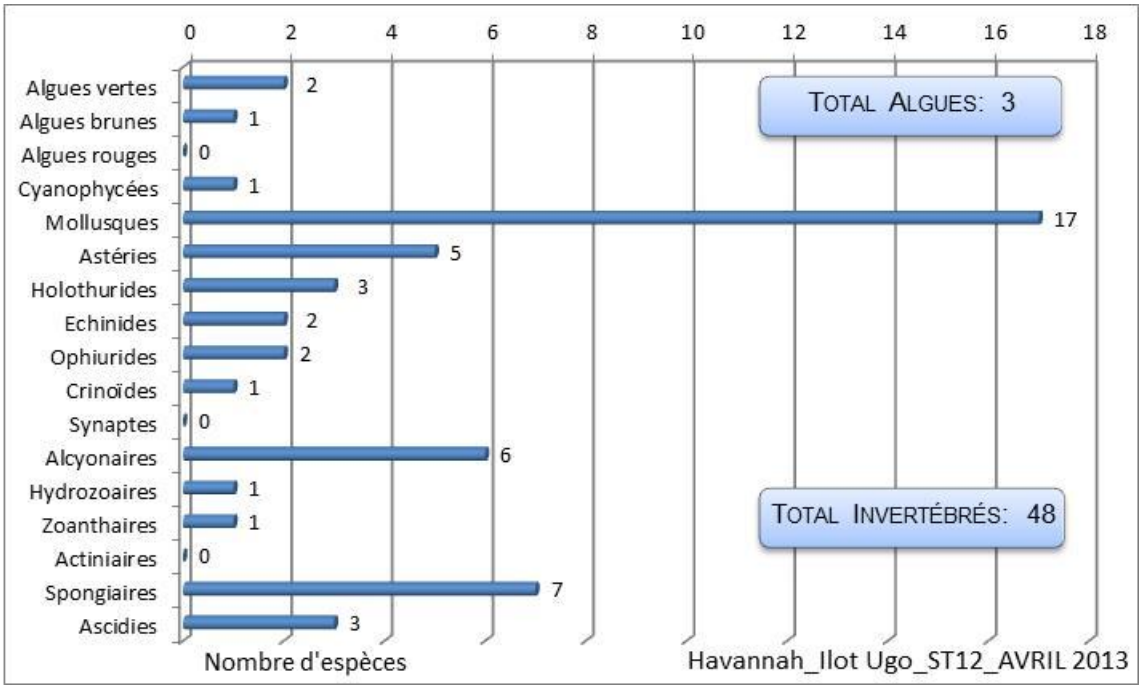


Figure n°152 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)

4.12.2.1 Benthos Transect 12 A

4.12.2.1.1 Les Scléractiniaires (ST12A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST12A est composée de 97 espèces coralliennes dont 93 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant) et une espèce de stolonifère.

Les familles scléractiniaires (93 taxons au sein de 14 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (21 taxons), les Acroporidae (17 taxons), les Fungiidae (13 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Mussidae (6 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les

Poritidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Pectiniidae (4 taxons), les Siderastreidae (3 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Caryophylliidae (1 taxon), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 19/93 espèces de scléractiniaires (20,4%).
Le blanchissement visuel est de 1,9% de la surface du couloir.

Le récif s'était largement dégradé depuis mars 2011 et à nouveau en janvier 2013 suite au cyclone Fréda, au regard des nombreux débris coralliens, des gros blocs coralliens qui ont dévalé la pente, des massifs d'*Acropora* cassés.

Tableau n°255 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST012A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
Une seule espèce : •*Fungia* spp. (5spp./+1spp.) (A4)	Une seule espèce : •*Hydnophora grandis* (A2/+ 1)	19 espèces blanchies (20,4%) : ➢ 2 précédemment blanchies (2,2%) : •*Acropora* (branchu) (2spp.B*, B2) ; ➢ 17 nouvellement blanchies (18,3%) : •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2, N), •*Pachyseris speciosa* (B1, N), •*Fungia repanda* (B1, N), •*Fungia simplex* (B1, N), •*Fungia* spp. (2spp.B*, B1, N), •*Hydnophora grandis* (B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Lobophyllia corymbosa* (B1, N), •*Echinophyllia horrida* (B1, N), •*Pectinia lactuca* (B1, N), •*Pectinia paeonia* (B1, N), •*Pocillopora damicornis* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N), •*Goniopora* sp. (B1, N), •*Porites* sp. (B2, N)
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
3 espèces : •*Leptoseris mycetoseroides* (A0/-1), •*Fungia paumotensis* (A0/-1), •*Lobophyllia* sp. (A0/-2).	21 espèces : •*Acropora* (branchu) (6spp., A4/- 1), •*Acropora* (tabulaire) (2spp., A2/- 1) •*Astreopora gracilis* (A1/- 1), •*Astreopora* sp. (A1/- 1), •*Isopora palifera* (A2/- 1), •*Pachyseris speciosa* (A2/- 1), •*Palauastrea ramosa* (A1/- 1), •*Favites halicora* (A1/- 1), •*Cycloseris* sp. (A1/- 1), •*Polyphyllia talpina* (A1/- 1), •*Sandalolitha robusta* (A1/- 1), •*Merulina scabricula* (A1/- 1), •*Lobophyllia hemprichii* (A2/- 1), •*Galaxea fascicularis* (A2/- 1), •*Goniopora* sp. (A2/- 1).	➢ aucune espèce n'a réintégré ses zooxanthelles ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement se réduire.

Tableau n°256 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST12A)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	17	17	16	17	17	15	15	14	-
Agaraciidae	6	7	7	7	7	7	6	4	-
Astrocoeniidae	2	2	1	1	1	1	1	1	-
Caryophylliidae	1	1	1	1	0	0	0	0	-
Dendrophylliidae	4	4	4	4	4	4	3	2	-
Faviidae	21	21	20	20	19	19	18	13	-
Fungiidae	13	13	12	11	11	14	14	8	-
Merulinidae	5	5	5	5	4	3	2	2	-
Mussidae	6	7	7	7	7	5	3	2	-
Oculinidae	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Pectiniidae	4	4	4	3	4	5	5	5	-
Pocilloporidae	5	5	5	5	5	4	3	3	-
Poritidae	5	5	5	4	4	4	4	3	-
Siderastreidae	3	3	3	3	3	3	3	1	-
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**93**	**95**	**91**	**89**	**87**	**85**	**78**	**59**	**-**

Tableau n°257 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST12A)

Degré de liberté	ddl	91
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**15.59**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	114.268

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 257).

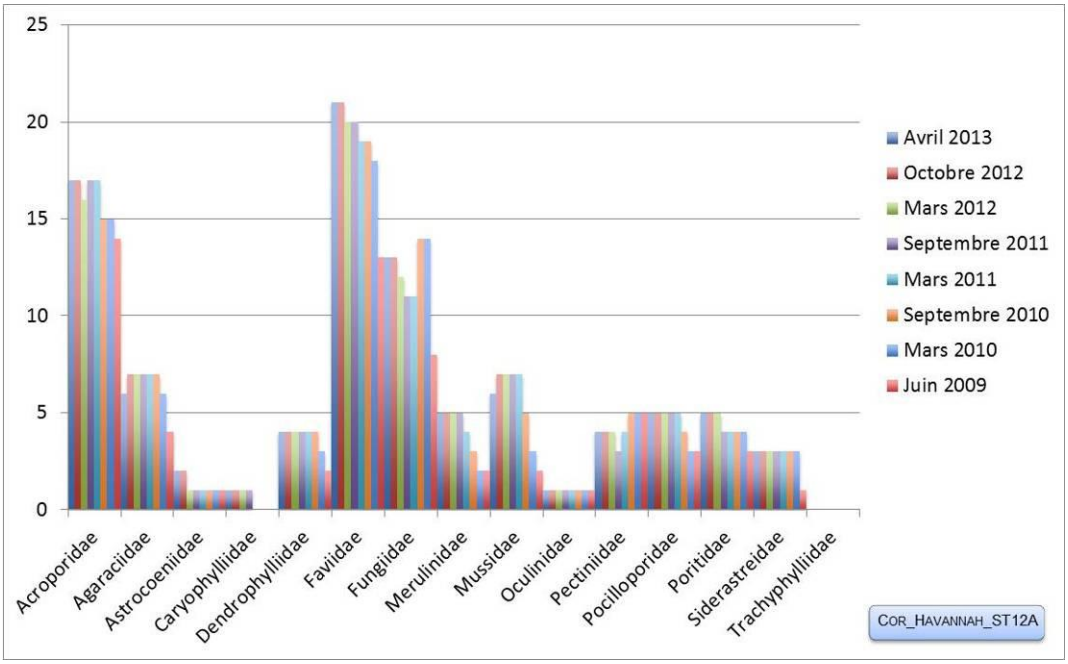


Figure n°153 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST12A)

4.12.2.1.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST12A)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST12A est composée de 37 espèces d'invertébrés dont 12 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinidés (2 taxons), holothurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies, et de 3 espèces de macrophytes : algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°258 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST012A)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 4 espèces d'algues disparues, dont 3 d'algues brunes: •*Dictyota* sp. (A0/-2), •*Padina* sp. (A0/-2), •*Turbinaria ornata* (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (1spp./-1spp., A2/-0).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 sp) : •*Klyxum* sp. (A0/-1) ➢ pour les hydrozoaires (-1 sp) : •sp ind. (A0/-1) ➢ pour les zoanthaires (-1 sp) : •sp ind.sp. (A0/-2)	3 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Lobophytum* sp. (A2/- 1), •*Sinularia* sp. (A2/- 1), •*Xenia* sp. (A2/-1)
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries : •*Fromia monilis* (A1), •*Gomophia egyptiaca* (A1), •*Linckia multifora* (A2), •*Nardoa gomophia* (A1). 1 espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides : •*Diadema savignyi* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 sp) : •sp ind. (A2/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Bohadschia argus* (A1/-)
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes : •*Turbo setosus* (A2) 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes : •*Lambis lambis* (A0/-1), •*Turbo* sp. (A0/-1)	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves : •*Pteria* sp. (A1/- 1).
Éponges	
☑	3 'éponges diminuent d'abondance : •sp ind. (noire) (A2/- 1), •sp ind. (orange) (A1/- 1), •*Clathria rugosa* (A2/- 1).
Ascidies	
☑	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1).
Bryozoaires	
/	/

Tableau n°259 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST12A)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	5	6	6	3	2	2	2	1	-
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	0	1	0	0	0	0	0	0	-
Zoanthaires	1	2	2	1	1	1	1	1	-
Astéries	4	0	1	0	0	0	0	2	-
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Échinides	2	3	1	1	0	1	1	1	-
Holothurides	2	2	2	0	0	2	2	0	-
Spongiaires	6	6	4	5	5	5	5	4	-
Mollusques	12	13	9	6	2	5	5	4	-
Ascidies	3	3	3	3	3	2	2	1	-
Total	**38**	**39**	**31**	**20**	**14**	**19**	**19**	**15**	**-**

Tableau n°260 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST12A)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**31.81**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 260).

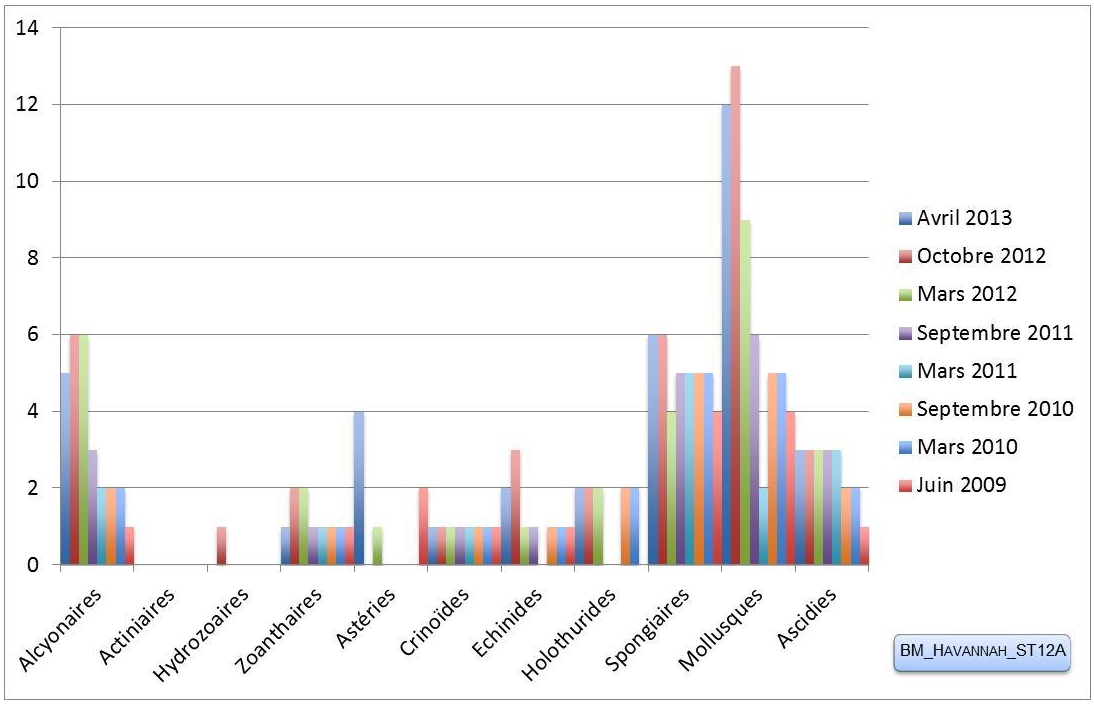


Figure n°154 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST12A)

4.12.2.2 Benthos Transect 12 B

4.12.2.2.1 Les Scléractiniaires (ST12B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST12B est composée de 79 espèces coralliennes dont 75 espèces de scléractiniaires, une espèce de millépore (sub massif), une espèce de gorgone et 2 espèces d'antipathaires.

Les familles scléractiniaires (75 taxons au sein de 14 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (15 taxons), les Acroporidae (14 taxons), les Fungiidae (12 taxons), les Agaraciidae (6 taxons), les Pectiniidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (4 taxons), les Mussidae (4 taxons), les Poritidae (4 taxons), les Astrocoeniidae (2 taxons), les Caryophylliidae (2 taxons), les Merulinidae (2 taxons), les Pocilloporidae (2 taxons), les Siderastreidae (2 taxons), les Oculinidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Trachyphylliidae.

Le blanchissement corallien affecte 26/75 espèces de scléractiniaires (34,7%).
Le blanchissement visuel est de 2,1% de la surface du couloir.

Cette partie de pente récifale est très détériorée (observation sur plusieurs missions) : les colonies massives et branchues situées au sommet du récif sont venues dévaler la pente détruisant les coraux sur leur passage. L'accumulation de débris est très importante sous le transect et, en périphérie de la station, un grand couloir d'effondrement devient de plus en plus large. Les coraux libres (Fungiidae) affectionnent particulièrement ce substrat détritique et se concentrent par dizaine (abondance des coraux libre par rapport aux autres stations).

Tableau n°261 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les coraux (ST012B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES CORAUX*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE	BLANCHISSEMENT CORALLIEN
Nouvelle (s) espèce (s) recensée (s)	**Augmentation d'abondance**	**Espèce (s) blanchie (s)**
Aucune espèce.	2 espèces : •*Pavona maldivensis* (A2/+ 1), •*Herpolitha limax* (A2/+ 1).	26 espèces blanchies (34,7%) : ➢ 3 précédemment blanchies (4%) : •*Acropora* (branchu) (3spp.B*, B2) ; ➢ 23 nouvellement blanchies (30,7%) : •*Acropora* (tabulaire) (2spp.B*, B2, N), •*Montipora* spp. (1spp.B*, B2, N), •*Pachyseris speciosa* (B1, N), •*Pavona maldivensis* (B1, N), •*Favia* spp. (1spp.B*, B1, N), •*Favites* spp. (2spp.B*, B1, N), •*Fungia repanda* (B2, N), •*Fungia simplex* (B1, N), •*Fungia* spp. (2spp.B*, B2, N), •*Polyphyllia talpina* (B1, N), •*Sandalolitha robusta* (B1, N), •*Merulina ampliata* (B1, N), •*Galaxea fascicularis* (B1, N), •*Mycedium elephantotus* (B1, N), •*Oxypora lacera* (B1, N), •*Pectinia paeonia* (B1, N), •*Seriatopora histrix* (B1, N), •*Stylophora pistillata* (B1, N).•*Goniopora* sp. (B1, N), •*Porites* sp. (B2, N).
Espèce (s) disparue (s) (Mortalité)	**Diminution d'abondance**	**Evolution du blanchissement**
8 espèces : •Gorgone ind.sp. (1spp./-1spp.A1/-1) •*Millepora* (branchu) (A0/-1), •*Cyphastrea microphtalma* (A0/-1), •*Echinopora* sp. (A0/-2), •*Favia* spp. (2spp./-1spp.A2/-1), •*Pocillopora damicornis* (A0/-2), •*Pocillopora verrucosa* (A0/-2), •*Porites nigrescens* (A0/-2)	16 espèces : •*Antipathus* sp. (A1/- 1), •Gorgone ind.sp. (A1/- 1), •*Acropora* (branchu) (5spp., A3/- 2), •*Astreopora myriophthalma* (A1/- 1) •*Pachyseris speciosa* (A2/- 1), •*Stylocoeniella guentheri* (A1/- 1), •*Favia* spp. (2spp., A2/- 1), •*Favites* spp. (2spp., A2/- 1), •*Lobophyllia corymbosa* (A2/- 1), •*Goniopora* sp. (A3/- 1).	➢ aucune espèce n'a réintégré ses zooxanthelles ; ➢aucune espèce n'a vu son blanchissement s'accroître ; ➢ aucune espèce n'a vu son blanchissement se réduire.

Tableau n°262 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires de 2008 à 2013 (ST12B)

Familles scléractiniaires	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Acroporidae	14	14	13	14	14	13	12	11	-
Agaraciidae	6	6	6	5	5	4	4	2	-
Astrocoeniidae	2	2	2	2	2	2	2	2	-
Caryophylliidae	2	2	1	1	0	0	0	0	-
Dendrophylliidae	4	4	4	4	4	5	4	2	-
Faviidae	15	18	18	17	17	17	17	13	-
Fungiidae	12	12	9	8	8	9	9	6	-
Merulinidae	2	2	2	2	2	2	2	2	-
Mussidae	4	4	3	4	4	4	3	3	-
Oculinidae	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Pectiniidae	5	5	3	2	2	3	3	2	-
Pocilloporidae	2	4	4	2	2	2	2	1	-
Poritidae	4	5	5	5	5	5	5	4	-
Siderastreidae	2	2	2	1	1	1	1	1	-
Trachyphylliidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**75**	**81**	**73**	**68**	**67**	**68**	**65**	**50**	**-**

Tableau n°263 : Test du critère « Nombre d'espèces par familles scléractiniaires, de 2009 à 2013 » (ST12B)

Degré de liberté	ddl	91
Test $\chi 2$	Khi² obs.	**16.80**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	114.268

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 263).

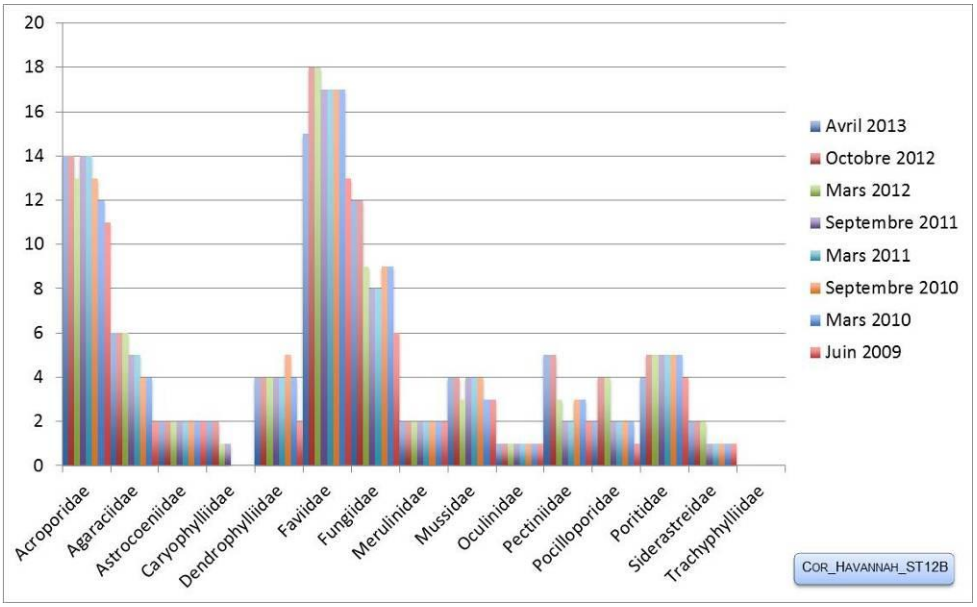


Figure n°155 : Nombre d'espèces par familles scléractiniaires pour les 8 missions (ST12B)

4.12.2.2.2 Les Macrophytes et les Invertébrés (ST12B)

En avril 2013, la richesse spécifique du transect ST12B est composée de 37 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies, et de 2 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues vertes (1 taxon) et d'une espèce de cyanobactéries.

Tableau n°264 : Variations entre octobre 2012 et avril 2013 : Les biocénoses (ST012B)*

EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES BIOCENOSES*	EVOLUTION DE L'ABONDANCE
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Halimeda* sp. (1spp./-1spp., A2/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2/- 1).
Cyanobactéries	
/	/
Cnidaires	
1 espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les zoanthaires : •sp ind.sp. (A0/-2)	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires : •sp ind. (A1/-1)
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A1), •*Nardoa gomophia* (A2) ; ➢ pour les holothurides (2 sp) : •*Holothuria edulis* (A2), •*Thelenota anax* (A1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 sp) : •sp ind. (A2/-1) ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A1/-1)
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Spondylus* sp. (A1) ➢ pour les gastéropodes (3 sp) : •*Coralliophila violacea* (A2), •*Tectus pyramis* (A1), •*Trochus niloticus* (A1) 6 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-3 sp) : •*Athrina vexillum* (A0/-1), •*Pinctada margaritifera* (A0/-1), •*Tridacna maxima* (A0/-1) ➢ pour les gastéropodes (-3 sp) : •*Conus miles* (A0/-1), •*Drupa* sp. (A0/-2), •*Lambis chiragra* (A0/-1)	☑
Éponges	
/	/
Ascidies	
☑	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A1/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/-1)
Bryozoaires	
☑	☑

Tableau n°265 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2008 à 2013 (ST12B)

Sous-groupe invertébrés	**04/ 2013**	**10/ 2012**	**03/ 2012**	**10/ 2011**	**03/ 2011**	**09/ 2010**	**03/ 2010**	**06/ 2009**	**10/ 2008**
Alcyonaires	5	5	5	4	5	4	3	1	-
Actiniaires	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrozoaires	1	1	0	0	0	0	0	0	-
Zoanthaires	1	2	2	2	2	2	1	1	-
Astéries	3	1	1	0	0	0	0	4	-
Crinoïdes	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Échinides	1	1	0	0	1	1	0	0	-
Holothurides	3	1	1	0	0	0	3	4	-
Spongiaires	6	6	5	5	4	4	5	3	-
Mollusques	11	13	3	8	5	5	4	3	-
Ascidies	3	3	3	3	3	1	2	2	-
Total	**38**	**37**	**23**	**24**	**21**	**18**	**19**	**19**	**-**

Tableau n°266 : Test du critère « Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) de 2009 à 2013 » (ST12B)

Degré de liberté	ddl	63
Somme de tout	Khi² obs.	**49.64**
Valeur théorique du Khi²	Khi² tab 0,95	82.53

Si la comparaison du nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) entre les années 2009 - 2013 est effectuée, sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont hautement similaires (cf. tableau 266).

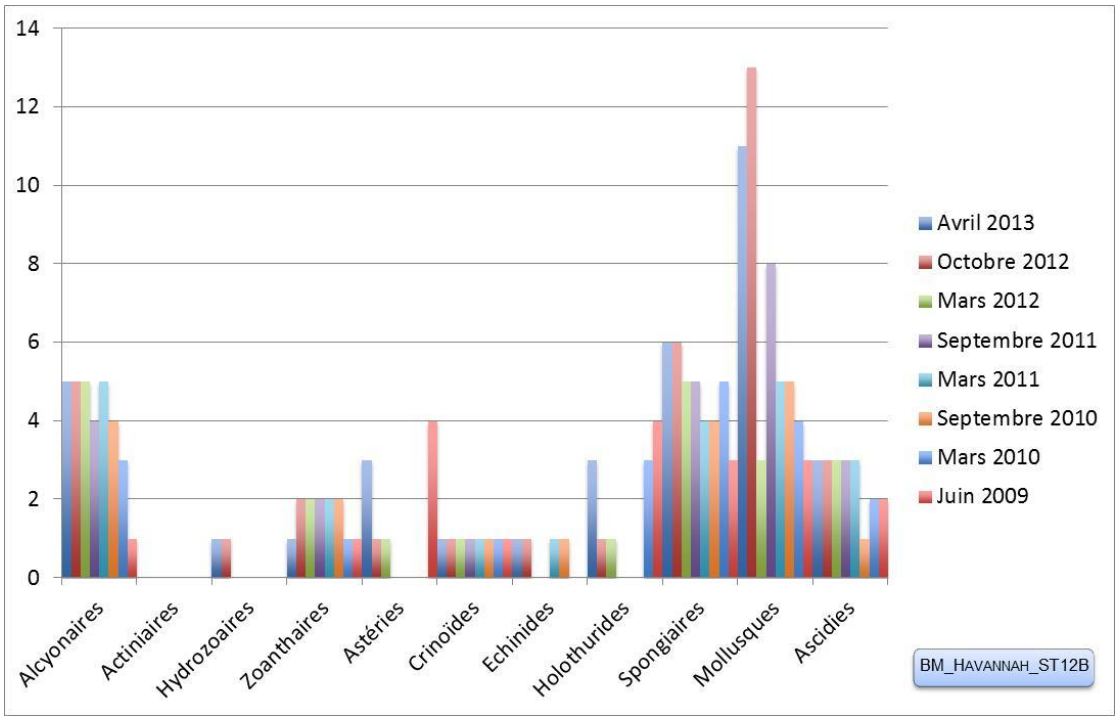


Figure n°156 : Nombre d'espèces par sous-groupes d'invertébrés (hors coraux durs) pour les 8 missions (ST12B)

4.12.3 Les poissons (ST12)

La liste complète des espèces vues sur cette station depuis 2007 est donnée en annexe 06. Il lui est adjoint le nombre de fois où chacune d'elle a été vue ainsi que le nombre maximum d'espèces par famille.
La liste des espèces observées[17] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 267.

Tableau n°267 : Données sur les poissons (ST12)

Ugo ST12		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,03	0,52	3	0,05	0,76	2,50	0,04	0,64
Aca	*Naso unicornis*	1	0,01	31,25				0,50	0,01	15,63
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	0,02	0,58				0,50	0,01	0,29
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	0,55				0,50	0,01	0,27
Ble	*Ecsenius bicolor*	1	0,01	0,02				0,50	0,01	0,01
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	2	0,03	0,03	1	0,01	0,02	1,50	0,02	0,02
Cae	*Pterocaesio pisang*				30	0,14	16,36	15,00	0,07	8,18
Can	*Canthigaster valentini*	1	0,01	0,02				0,50	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon ulietensis*	2	0,03	0,67				1,00	0,02	0,33
Cha	*Forcipiger flavissimus*	2	0,03	0,34				1,00	0,02	0,17
Epi	*Cephalopholis boenak*				2	0,03	0,34	1,00	0,02	0,17
Epi	*Epinephelus merra*				1	0,01	0,25	0,50	0,01	0,13
Epi	*Plectropomus leopardus*				1	0,02	14,29	0,50	0,01	7,15
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,52	1	0,01	1,24	1,00	0,01	0,88
Lab	*Gomphosus varius*	1	0,01	0,25				0,50	0,01	0,13
Lab	*Labroides dimidiatus*				2	0,03	0,12	1,00	0,01	0,06
Lab	*Thalassoma lunare*	3	0,04	0,20	1	0,01	0,13	2,00	0,03	0,16
Let	*Lethrinus harak*				1	0,01	4,02	0,50	0,00	2,01
Mul	*Parupeneus ciliatus*				3	0,03	7,27	1,50	0,02	3,63
Nem	*Scolopsis bilineatus*	5	0,06	5,12	6	0,08	5,06	5,50	0,07	5,09
Poc	*Centropyge bicolor*				2	0,03	0,11	1,00	0,01	0,05
Poc	*Centropyge bispinosa*				2	0,02	0,09	1,00	0,01	0,04
Poc	*Centropyge tibicen*				1	0,01	0,05	0,50	0,01	0,03
Pom	*Abudefduf whitleyi*				12	0,15	1,54	6,00	0,08	0,77
Pom	*Chromis fumea*				15	0,25	0,41	7,50	0,13	0,21
Pom	*Chromis viridis*	20	0,33	0,21				10,00	0,17	0,10
Pom	*Chrysiptera rollandi*	10	0,13	0,07	5	0,06	0,03	7,50	0,09	0,05
Pom	*Chrysiptera taupou*	20	0,25	0,14				10,00	0,13	0,07
Pom	*Dascyllus aruanus*				20	0,33	0,43	10,00	0,17	0,21
Pom	*Dascyllus reticulatus*				15	0,19	0,24	7,50	0,09	0,12
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	8	0,20	0,37	15	0,38	0,69	11,50	0,29	0,53
Sca	*Chlorurus sordidus*	5	0,06	1,25				2,50	0,03	0,63
Sca	*Scarus flavipectoralis*				3	0,04	10,68	1,50	0,02	5,34
Sca	*Scarus schlegeli*	1	0,03	7,81				0,50	0,01	3,91
Sig	*Siganus puellus*	2	0,03	1,69				1,00	0,01	0,84
Total		**89**	**1,33**	**51,58**	**142**	**1,87**	**64,13**	**115,50**	**1,60**	**57,85**
Biodiversité		**20**			**22**			**35**		
Indice de Shannon =		4,263								
Equitabilité =		0,831								

[17] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe 01.

Sur l'ensemble des transects de la station, 231 individus appartenant à 35 espèces différentes (tableau 267) ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.60 poissons/m² pour une biomasse de 57.85 g/m².
86 espèces supplémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 268).

Tableau n°268 : Liste des espèces complémentaires (ST12)

Ugo ST12					
Fam	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**	**Fam**	**Espèces**
Aca	*Acanthurus blochii*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chromis analis*
Apo	*Archamia leai*	Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	Pom	*Chromis fumea*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Chromis margaritifer*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Ostorhinchus aureus*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Ble	*Ecsenius bicolor*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Ble	*Plagiotremus laudandus*	Lab	*Labroides bicolor*	Pom	*Pomacentrus chrysurus*
Cae	*Pterocaesio pisang*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Labropsis xanthonota*	Pom	*Pomacentrus tripunctatus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pse	*Pictichromis coralensis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Forcipiger flavissimus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus bleekeri*
Dio	*Diodon hystrix*	Let	*Lethrinus harak*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Epinephelus merra*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Epi	*Epinephelus ongus*	Mur	*Gymnothorax javanicus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus doliatus*
Gra	*Diploprion bifasciatum*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus puellus*
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus vulpinus*
Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Centropyge tibicen*	Zan	*Zanclus cornutus*
Lab	*Anampses geographicus*	Poc	*Pomacanthus imperator*		

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2009 est donné dans le tableau 269 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 157.

Tableau n°269 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique de 2009 à 2012 (ST12)

Familles	Ugo ST12									
	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	**2013 a**
Acanthuridae	*Pas d'échantillonnage*		3	4	2	1	2	2	2	**4**
Anthiinidae				1					1	**0**
Blenniidae			2	2	1	1	2	2	2	**2**
Caesionidae			1		1	1		2	2	**1**
Canthigasteridae			1				1			**1**
Carangidae				1						**0**
Chaetodontidae			3	6		7	2	2	2	**2**

Epinephelinae		2	2		3	2	3	4	**3**
Gobiidae			1						**0**
Haemulidae					1		1		**0**
Labridae		2	5	3	4	3	3	3	**4**
Lutjanidae			2						**1**
Mullidae			1		1	1	1	1	**0**
Nemipteridae		1	1	1	1	1	1	1	**1**
Pomacanthidae		2	4	4	3	3	4	4	**1**
Pomacentridae		5	8	5	5	6	7	7	**3**
Pseudochromidae								1	**8**
Scaridae		1	1	1	2	2	2	2	**0**
Siganidae			2				2		**3**
Total espèces		**23**	**41**	**18**	**30**	**25**	**32**	**32**	**35**
Total familles		**11**	**15**	**8**	**12**	**11**	**11**	**13**	**13**

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 - 2012 est effectuée (cf. tableau 270), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°270 : Comparaison de l'évolution de la richesse spécifique par famille, 2009 à 2013 (ST12)

Test $\chi 2$	ddl	Seuil de tolérance à 0,95	Nb. de familles
81,91	133	165,46	13/20

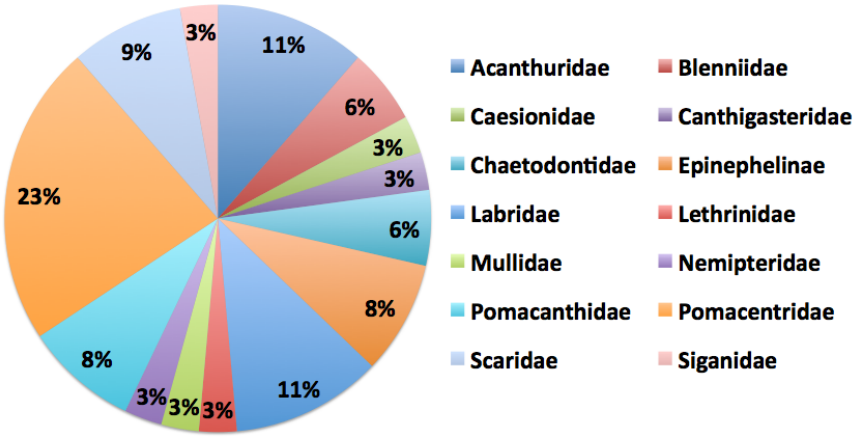


Figure n°157 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST12)

Le récapitulatif des résultats en terme de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le tableau 271 et la figure 158.

Tableau n°271 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)

Ugo ST12		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
	Transect A	89,00	1,33	51,58	20		
	Transect B	142,00	1,87	64,13	22		
	Moy. ABC	115,50	1,60	57,85	35	52	86
2012 b	Moy. ABC	122,50	1,46	49,33	34	48	81
2012 a	Moy. ABC	114	1,40	326,70	34	46	75
2011 b	Moy. ABC	48,00	0,60	14,42	25	48	80
2011 a	Moy. ABC	115,50	2,36	79,86	30	43	81
2010 b	Moy. ABC	108	1,44	13,93	18	28	50
2010 a	Moy. ABC	93,00	3,01	63,58	41	58	90
2009	Moy. ABC	100,50	3,49	73,03	23	40	70
2008	Moy. ABC	*Pas d'échantillonnage*					
2007	Moy. ABC						

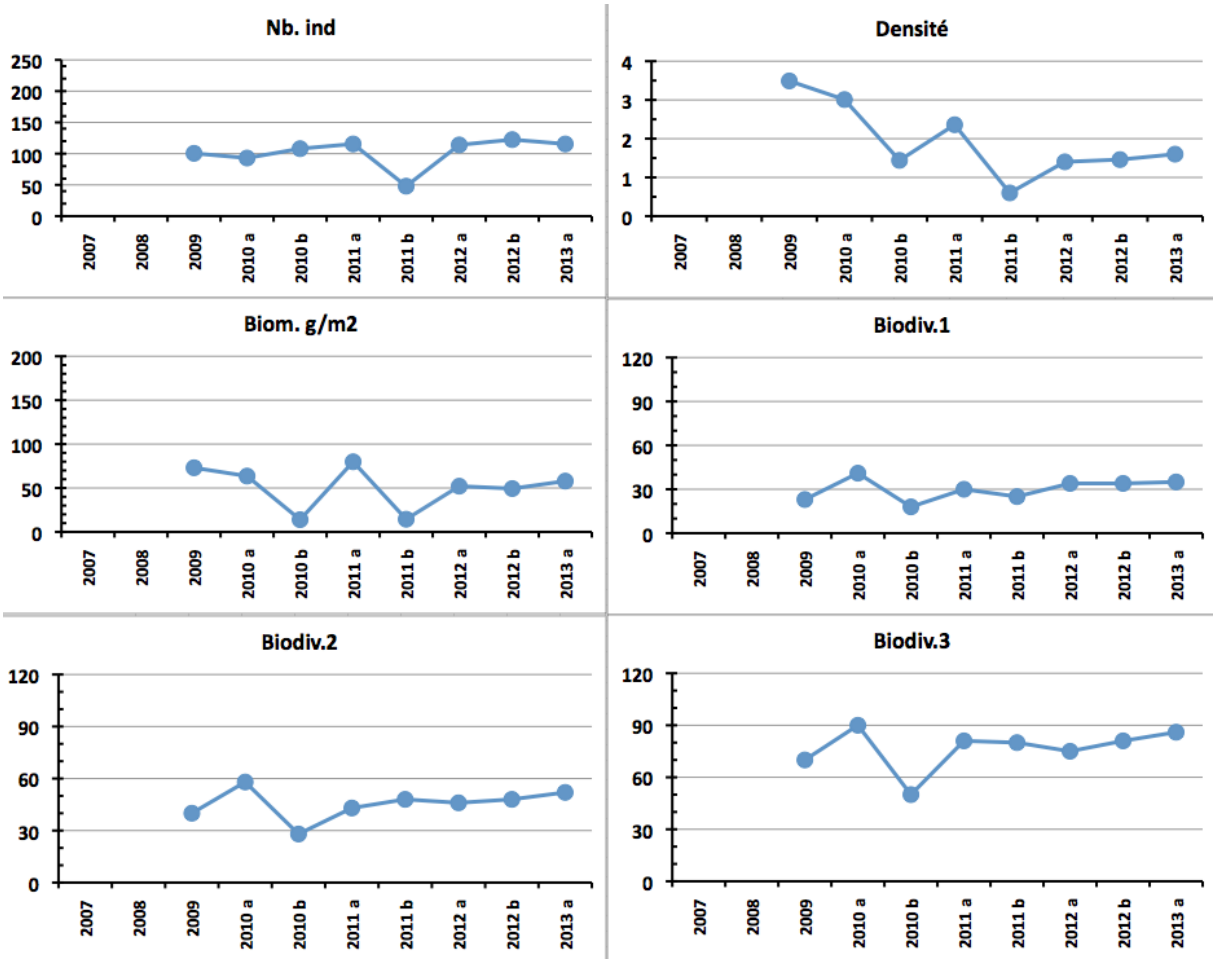


Figure n°158 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau

272 et représentation figure 159.

Cette station a la plupart de ses indicateurs un peu au-dessus de la moyenne. Elle reste toutefois la plus pauvre du Canal de la Havannah. La densité et la biomasse sont malgré ce contexte très fluctuants, contrairement aux paramètres de biodiversité.
La biomasse est due à un Dawa et un petit banc de *Caesio*.

Tableau n°272 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	566,27	1,05	696,02	61,24	83,95	161,90
Coef. de Var.	0,23	0,52	0,53	0,27	0,21	0,17

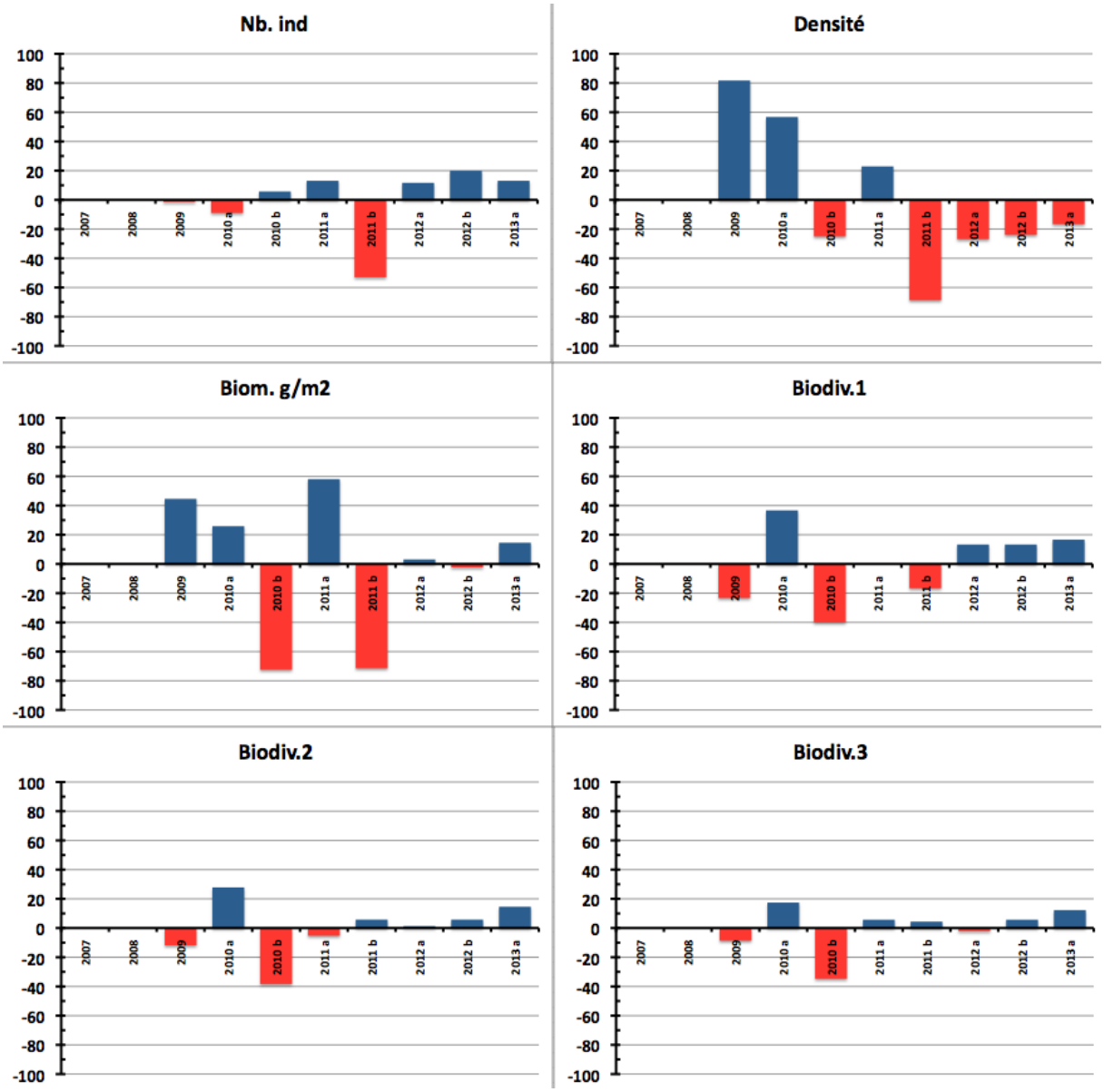


Figure n°159 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)

5 Résultats généraux / Synthèse

Les cartes 15 et 16 présentent la synthèse des résultats bruts pour cette mission à chaque station, à savoir :

- pour le substrat : le pourcentage de recouvrement de 3 composantes clés : la partie abiotique et les coraux puis le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »), ces deux groupes formant la partie biotique,
- pour les communautés benthiques : la richesse taxonomique (nombre d'espèces) des 3 groupes clés : les macrophytes et les invertébrés, les coraux scléractiniaires et les autres coraux,
- pour la faune icthyologique : la diversité spécifique (nombre d'espèces observées, liste restreinte), la densité (nb. individus/m²) et la biomasse (g/m²).

Les résultats bruts de chaque thème sont détaillés par ailleurs ci-dessous.

5.1 Substrat

Les pourcentages de recouvrement du substrat, pour toutes les catégories, sont présentés dans le tableau 327 en annexe 04 (résultats par transect pour toutes les stations).

Le tableau 328 en annexe 04 et la figure 160 ci-dessous, récapitulent les pourcentages de couverture du substrat aux différents transects de chaque station pour :

- la partie biotique, qui est divisée en deux groupes : les coraux scléractiniaires et le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »),
- la partie abiotique.

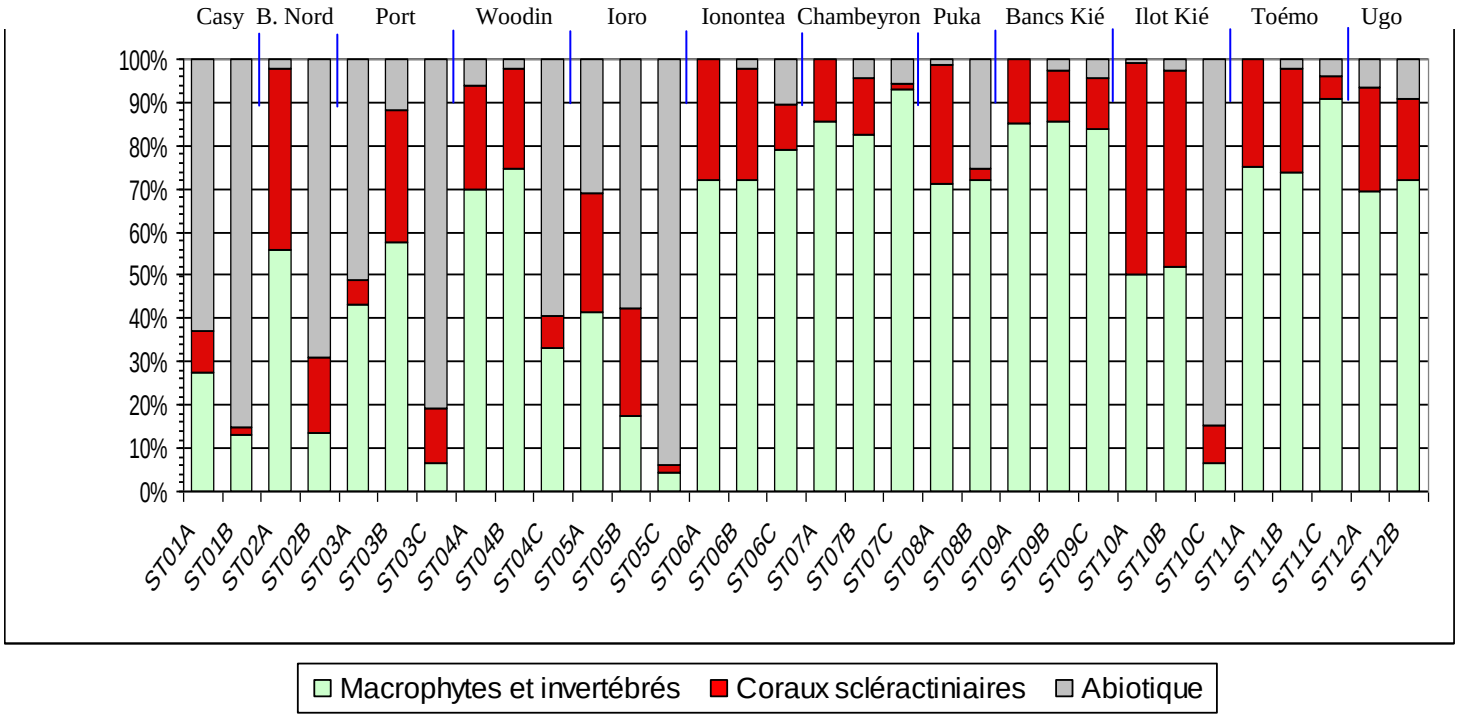


Figure n°160 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

Les stations situées en baie de Prony et canal Woodin (à l'exception notable des transects ST02A et ST04A&B) ont globalement un substrat à majorité abiotique (moyenne de 43.1%). Cependant, ces stations ont un taux de recouvrement corallien (17.5%) toujours en légère hausse par rapport à la mission précédente (16.6% en mars). Cela reste inférieur au reste de la zone d'étude.
Les stations (et les transects dans chaque station) dans le canal de la Havannah sont très diversifiées, avec une dominance du substrat biotique (excepté pour le transect C de la station ST05 qui est installée sur une pente

sédimentaire composée principalement de sable coquillé et pour le transect ST10C qui est positionné en bas de tombant récifal sur le début de la pente sédimentaire). Malgré cela, l'abiotique représente moins de 16% en moyenne du recouvrement. La moyenne du taux de recouvrement corallien dans le canal de la Havannah est toujours le meilleur pour cette mission (18.9%), relativement similaire à celui d'octobre 2012 (18.8%).
La station ST10 (îlot Kié, dans la réserve Merlet) présente à nouveau le plus fort taux de recouvrement corallien scléractiniaire (49% et 45.5% pour les 2 premiers transects), devant le transect A de la station ST02 (Creek baie nord) (42%).

L'évolution globale est à une hausse du recouvrement biotique, avec une augmentation dans le recouvrement des scléractiniaires, après la baisse enregistrée en mars 2012. Cependant, ces varaiations sont à une échelle infime.

Tous les transects les plus profonds ont un taux de recouvrement biotique significativement plus bas que sur les transects supérieurs.

5.2 Benthos

Les résultats bruts (listing et abondance) du dénombrement du benthos, sont présentés en annexe 05 (résultats par transect pour toutes les stations).

5.2.1 Biodiversité du benthos : généralités

5.2.1.1 Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité »

Afin d'évaluer les dégradations éventuelles de la zone sous l'influence potentielle du projet Vale Nouvelle-Calédonie, une étude sur la biodiversité et l'abondance des biocénoses benthiques est réalisée sur 12 stations réparties en baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah.
Cette étude doit permettre :

1) D'évaluer la variabilité naturelle et la vulnérabilité : la diversité et l'abondance renseignent sur la vulnérabilité du site et l'adaptation des espèces aux différents biotopes. L'ensemble des espèces benthiques est suivi car tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive ;
2) D'effectuer une synthèse comparative de l'état des stations et de leur évolution dans le temps et l'espace : la comparaison des données dans le temps, permet d'évaluer la variabilité naturelle (saisonnalité, turn over, évènements exceptionnels) et d'appréhender de potentielles perturbations anthropiques ;
3) De suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles de Vale Nouvelle-Calédonie : l'objectif principal est d'évaluer les effets potentiels des activités industrielles de Vale Nouvelle-Calédonie et de tirer une sonnette d'alarme, le plus rapidement possible dans le cas de perturbations anthropiques.

Pour ce faire, l'ensemble des biocénoses benthiques (fixes et mobiles) sont inventoriées depuis 2007 et plusieurs **indicateurs** particulièrement suivis :
Certaines espèces dites « **espèces cibles** » permettent selon leur variation abondance d'évaluer l'état de santé du milieu. En effet, la présence des invertébrés mobiles (astéries, échinides, holothuries, mollusques…), est un indicateur du fonctionnement de l'écosystème. Cependant, l'absence ou la diminution d'abondance des invertébrés mobiles d'une mission à une autre n'est pas un indicateur de dégradation environnementale. Leur absence peut être momentanée et n'est pas synonyme de dégradation ou de mortalité car leur mobilité leur permet de migrer du couloir d'inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri …
Les observations **d'organismes morts** permettent de donner une alerte mais elles sont peu fréquentes car ils sont rapidement consommés dans la chaine alimentaire.
Les proliférations d'espèces corallivores sont bien entendu un indicateur du dérèglement de l'écosystème mais cette manifestation n'est pas forcément la source initiale des perturbations.
Les espèces exogènes et les espèces envahissantes sont également recherchées quelle que soit l'embranchement.
Quelques espèces mobiles (particulièrement les corallivores pour les gastéropodes et les astéries) ont été sélectionnées comme espèces cibles et caractérisent si leur abondance est excessive des perturbations récifales (Gastéropodes : *Drupella cornus, Coralliophila violacea ;* Astéries : *Acanthaster planci, Culcita novaeguineae,* Spongiaires : *Cliona orientalis* et *C. jullienei ;* Cyanobactéries…). Mais encore une fois, tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive (espèce envahissante exogène).

Ce suivi est donc un **suivi à long terme : l'étude des biocénoses benthiques mobiles doit être appréhendée sur**

plusieurs périodes de suivi ou de manière complémentaire suite à une dégradation de l'habitat (étude des coraux).
Cependant, l**a variabilité saisonnière des macrophytes** est importante et chaque groupe algal a un rythme de développement spécifique durant l'année. De ce fait, la périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes car les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement ne sont pas forcément prises en compte. Les proliférations de macro-algues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

Il est alors important de considérer, pour chaque groupe biologique, le potentiel ***« indicateur »*** mais également le potentiel ***« réactivité »*** pour émettre des conclusions de l'évaluation de l'état de santé d'un récif le plus rapidement possible.

En considérant cette notion de variabilité saisonnière des macrophytes et de mobilité de certaines espèces d'invertébrés (particulièrement les échinodermes et les mollusques), il est très important de s'attacher aux variations d'abondance et de richesse spécifique des organismes fixés et présentant des variations épisodiques relativement faibles (alcyonaires, cliones et plus particulièrement les coraux scléractiniaires).

En effet, **les coraux** ont un rôle clé dans le maintien de la biodiversité du récif (habitat et source de nourriture). Par ailleurs, ils ont de nombreux avantages pour les suivis environnementaux :

- Pour les études comparatives : la majorité des coraux sont sessiles ce qui entraîne une fiabilité dans la comparaison de données ;
- Lors de suivi à court terme : ce sont des "Sentinelles avancées" car ils sont sensibles aux variations des conditions environnementales pour détecter les effets des perturbations, qu'elles soient d'origine anthropique ou naturelle (analyse du recrutement, mortalité, blanchissement, maladies coralliennes) ;
- Lors de suivi à long terme : les coraux ont une longévité particulièrement élevée, ce qui permet d'intégrer des conditions environnementales sur de longues périodes de temps

Dans ce contexte l'étude des coraux répond de manière incontestable à tous les questionnements sur l'état de santé des récifs. Et les informations sur les invertébrés, les espèces cibles et les macrophytes viennent confirmer les hypothèses.

5.2.1.2 Les contraintes naturelles et anthropiques de la zone d'étude

Les biocénoses benthiques se sont adaptées aux conditions environnementales par la sélection d'espèces colonisant les milieux fortement agités pour le canal de la Havannah (houle, ressac et courants de marée) et le canal Woodin (principalement courants de marée) et pour les milieux calmes en baie de Prony (dessalure des eaux de surface et sédimentation importante).

Les assemblages des biocénoses marines de ces trois sites sont donc différents et chacun est en équilibre avec les paramètres physico-chimiques du milieu. Malgré l'adaptation des espèces aux paramètres environnementaux de chaque biotope, des évènements exceptionnels (climatiques, dépressionnaires et activités anthropiques) font généralement dépasser les seuils de tolérance de survie pour les espèces les plus sensibles.

- **De manière générale, les récifs étudiés dans les niveaux supérieurs et médians ont une diversité élevés.** Pourtant ces niveaux bathymétriques sont perturbés par les agents hydrodynamiques, par les anomalies de salinité de surface, par les panaches turbides et les évènements exceptionnels (naturel ou anthropique).
- **La biodiversité est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds.** Cela s'expliquant entre autre par la sédimentation, l'effondrement et l'accumulation de débris par gravité et par la baisse de la pénétration de la lumière dans l'eau en fonction de la profondeur. Ce dernier phénomène entraîne une diminution de la photosynthèse, principalement pour les coraux scléractiniaires hermatypiques et les macrophytes qui représentent les habitats principaux de la faune récifale.

Dans le canal de la Havannah et le canal Woodin, les principales dégradations sont d'origine mécanique : nombreux débris, mortalité importante et blanchissement corallien induit par les effondrements. Malgré les courants de marée conséquents dans le canal Woodin, les dégradations mécaniques sont moindres que dans le

canal de la Havannah car les récifs sont moins exposés au ressac et à la houle.

Dans la baie de Prony (milieu calme et protégé), les principales dégradations sont originaires d'une dessalure des eaux de surface (colonies blanchies encore en place, mortalité importante pour les niveaux bathymétriques supérieurs des récifs frangeants à proximité des embouchures des creeks et des rivières et des résurgences d'eau douce). La sédimentation influe surtout sur les niveaux bathymétriques inférieurs où les particules sédimentaires ne sont plus remobilisées.

L'évènement climatique « La Niña » a pour conséquence une anomalie positive de températures des eaux de surface et une anomalie négative de salinité (abondance des précipitations) sur une longue période de 3 ou 4 mois. En début d'année 2011, ces anomalies ont influencé toute la zone d'étude dans les petites profondeurs et l'anomalie de salinité était d'autant plus importante aux embouchures des creeks et des rivières. Les colonies coralliennes les plus sensibles s'édifiant aux sommets des récifs ont ainsi expulsé leurs zooxanthelles (phénomène de blanchissement très important).

Les évènements dépressionnaires du début d'année 2011 se sont superposés au phénomène climatique « La Niña » (principalement la dépression **Vania** qui a touché le sud du Territoire le 14 et 15 janvier 2011, puis dans une moindre mesure la dépression **Zelia**).
Les vents violents ont généré dans le canal de la Havannah, une forte houle, un ressac très important et des courants de marée supérieurs à la normale. Ces agents hydrodynamiques exceptionnels ont entrainé une dégradation mécanique sans conteste sur le sommet des récifs, arasant les biocénoses benthiques les plus fragiles, arrachant des colonies coralliennes et créant des effondrements de blocs et de débris le long des pentes récifales et du blanchissement corallien sur les colonies dégradées et/ou perturbées.
D'autre part, les précipitations induites par les dépressions étaient également bien au dessus des normales saisonnières et très abondantes sur une courte période. Ceci a généré une dessalure importante des eaux de surface à proximité des creeks et des rivières en baie de Prony (milieu par ailleurs très protégé des vents et des agents hydrodynamiques).

L'évènement dépressionnaire du début d'année 2013 : le cyclone tropical « Fréda » a touché le Territoire entre le 1 et le 4 janvier 2013, impliquant des vents violents et des précipitations très importantes. De plus, le régime des vents est demeuré majoritairement ESE. Ainsi sur certaines parties de la côte, ce régime particulier a ralenti le mélange des eaux douces sur la verticale (issues des pluies et cours d'eau) et a augmenté leur temps de résidence dans le fond de la baie de Prony, d'où une lame d'eau douce plus durable que d'habitude.
Les dégradations mécaniques ont été importantes dans le canal de la Havannah (arrachement, effondrement de débris). La dessalure des eaux de surface couplée aux panaches turbides ont entrainé un blanchissement corallien massif et une mortalité des mollusques et échinodermes sur toute la bordure littorale de la baie de Prony. Cependant les observations induites par la dessalure des eaux de surface ne sont pas enregistrées pour les stations de la baie de Prony car les transects sont implantés plus profonds. Seules les perturbations sédimentaires ont été enregistrées.

Les activités anthropiques, dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et le canal Woodin, sont susceptibles d'interagir sur la mobilisation des particules terrigène et sédimentaires (activités minière et portuaire ainsi que le trafic maritime).
L'exploitation des latérites nickélifères de Nouvelle-Calédonie a conduit Vale Nouvelle-Calédonie à mettre en place un procédé de solubilisation du minerai par voie acide produisant des effluents. Le rejet est réalisé à partir d'un émissaire marin d'une longueur de 21 km et composé à son extrémité d'un diffuseur de 1 km. Ce rejet se fait dans le canal de la Havannah, milieu relativement profond, où les courants semblent suffisamment importants pour assurer la dispersion des effluents industriels. Cette pression sur le milieu marin a nécessité de développer des études et un programme intégré ayant pour objectifs de définir avec précision les états de référence biologique et physico-chimique, de comprendre le comportement géochimique de l'effluent avec le milieu naturel, de prédire ses effets biologiques et de modéliser les phénomènes de dispersion.
La mise en place d'un réseau de surveillance permet actuellement de conduire un suivi environnemental du milieu marin d'un point de vue physico-chimique, écotoxicologique et biologique (l'étude des communautés récifales étant l'objet de ce rapport).
De plus l'installation de l'usine d'acide en amont du Creek baie nord peut être une source de perturbations à l'embouchure du creek et en périphérie (accident d'acide du 1 avril 2009). L'activité de cette usine peut également augmenter le débit d'eau douce du creek et de ce fait, perturber les communautés récifales

(blanchissement corallien par dessalure des eaux de surface).

Les sites potentiellement impactés par le projet minier, sont : le canal de la Havannah (rejet d'effluents et apports en particules) et la baie du Prony (influences des installations portuaires et industrielles).

L'étude de la diversité a été réalisée sur les espèces déterminables directement *in situ*. La richesse spécifique réelle est certainement très supérieure, mais ne peut être dénombrée en un temps aussi cours pour les raisons suivantes :

- toutes les identifications ont été réalisées de manière *in situ* (sous l'eau),
- aucun prélèvement biotique n'a été réalisé lors de la mission,
- toutes les espèces de petites tailles sont difficiles ou impossibles à voir et donc à identifier,
- parmi les espèces des biocénoses benthiques observées (macrobenthos), beaucoup demeurent difficiles à identifier faute de documentation spécialisés ou fautes de spécialistes de ces groupes (alcyonaires, cyanobactéries, algues, anémones de mer, bryozoaires, crinoïdes…).

5.2.2 Répartition des 4 groupes biotiques par transect

Le tableau 33 en annexe 05 et la figure 104 ci-dessous, récapitulent la richesse spécifique par niveau bathymétrique (le nombre de taxa aux différents transects) de chaque station pour le benthos.
Ce dernier a été réparti en 4 grands groupes :

- les coraux scléractiniaires,
- les autres coraux,
- les macrophytes,
- les invertébrés (hors coraux durs).

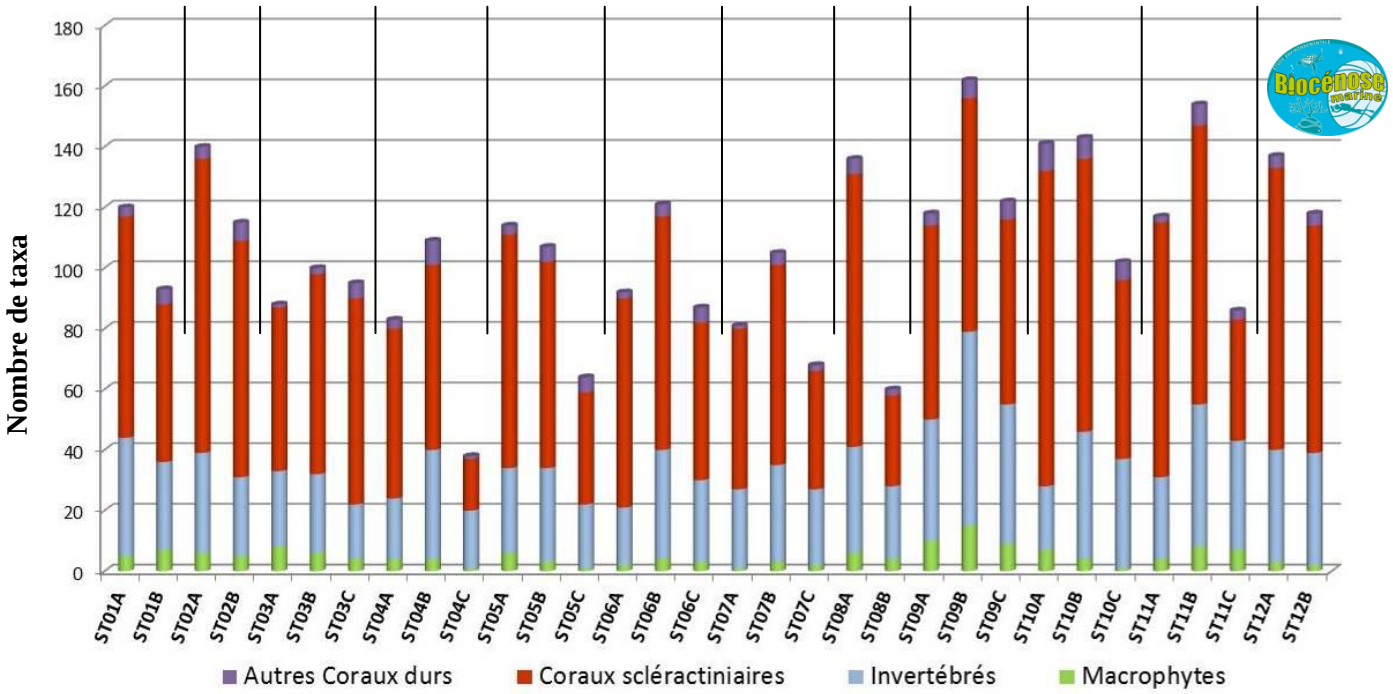


Figure n°161 : Richesse taxonomique du benthos dans 4 groupes clés

La biodiversité corallienne est très contrastée, notamment pour les scléractiniaires dont 17 à 104 taxons différents ont été dénombrées selon les stations. La moyenne du nombre d'espèce corallienne pour l'ensemble de la zone (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) est de 66 taxa (légère baisse par rapport à la mission précédente : 67).
Les stations du canal de la Havannah sont globalement plus riches (moyenne de 68 taxa vs 66 taxa pour celles de la baie de Prony-Canal Woodin). Le transect où la richesse spécifique est la plus importante (104 espèces coralliennes inventoriées) est le ST10A (îlot Kié, situé dans la réserve Yves Merlet), comme d'habitude.
D'autre part**, la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés** est comprise entre 20 à 79 taxa pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 37 taxa par transect) (légère baisse par rapport à la mission précédente : près 39%).

De manière générale, la biodiversité est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds. Cela s'expliquant entre autre par la baisse de la pénétration de la lumière dans l'eau par rapport à la profondeur. Ce phénomène entraîne une diminution de la photosynthèse, principalement pour les coraux scléractiniaires hermatypiques et les macrophytes qui représentent les habitats principaux de la faune récifale.

5.2.3 Composition spécifique par site

Les biocénoses benthiques se sont adaptées aux conditions environnementales par la sélection d'espèces colonisant les milieux agités (canal de la Havannah et canal Woodin) et les milieux calmes et turbides (baie de Prony). Les macrophytes, spongiaires et alcyonaires sont en compétition spatiale avec les coraux scléractiniaires pour toutes les stations sauf en ST04 (Woodin) où le recouvrement biotique est particulièrement représenté par les coraux (les autres groupes sont très minoritaires). Ces observations rentrent dans le cycle naturel. Cependant, l'évolution de ces groupes biotiques est à surveiller au regard des perturbations potentielles dans cette zone (perturbations d'origine anthropique et/ou d'origine naturelle exceptionnelle).

Le degré d'exposition des habitats à l'hydrodynamisme conduit à distinguer les milieux de mode battu du mode calme. L'agitation de l'eau crée des forces variant en fonction de son intensité (courants de marées, de houle et ressac). De ce fait, les organismes sont sélectionnés sur les récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin par leur capacité à résister aux forces d'arrachement. La zone de balancement des marées et de vagues constitue l'étage supérieur du système récifal.
D'autre part, la baie de Prony est un regroupement de rades (Grande Rade, Rade du Nord et Rade de l'Est), qui constitue une baie semi-fermée qui est particulièrement protégée des agents hydrodynamiques. De nombreux creeks et rivières se déversent dans cette baie charriant des particules sédimentaires (apports conséquents). Les organismes sont sélectionnés sur ces récifs par leur capacité à résister aux dépôts sédimentaires, à la diminution de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et par endroit à la dessalure des eaux de surface.

5.2.3.1 Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah

En avril 2013, la richesse spécifique du site Havannah est composée de 210 espèces coralliennes, de 120 espèces d'invertébrés, de 22 espèces de macrophytes, et d'une espèce de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **210 espèces coralliennes** (dont 201 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère).
  Les familles scléractiniaires (201 taxons au sein de 14 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (54 taxons), les Acroporidae (37 taxons), les Fungiidae (18 taxons), les Agaraciidae (15 taxons), les Mussidae (15 taxons), les Pectiniidae (11 taxons), les Dendrophylliidae (9 taxons), les Pocilloporidae (9 taxons), les Poritidae (9 taxons), les Merulinidae (8 taxons), les Siderastreidae (7 taxons), les Caryophylliidae (4 taxons), les Astrocoeniidae (3 taxons), les Oculinidae (2 taxons).
  Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Trachyphylliidae.
  Le blanchissement corallien affecte 79/201 espèces de scléractiniaires (39,3%).
  Le blanchissement visuel moyen est de 1,26% de la surface totale observée.
- **120 espèces d'invertébrés** dont 42 espèces de mollusques ; 22 espèces de cnidaires : alcyonaires (11 taxons), actiniaires (7 taxons), hydrozoaires (2 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 29 espèces d'échinodermes : holothurides (11 taxons), échinides (7 taxons), astéries (6 taxons), crinoïdes (3 taxons), ophiurides (2 taxons) ; 12 espèces d'éponges ; 13 espèces d'ascidies.
- **22 espèces de macrophytes** : algues vertes (12 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (4 taxons).
- **1 espèce de cyanobactéries.**

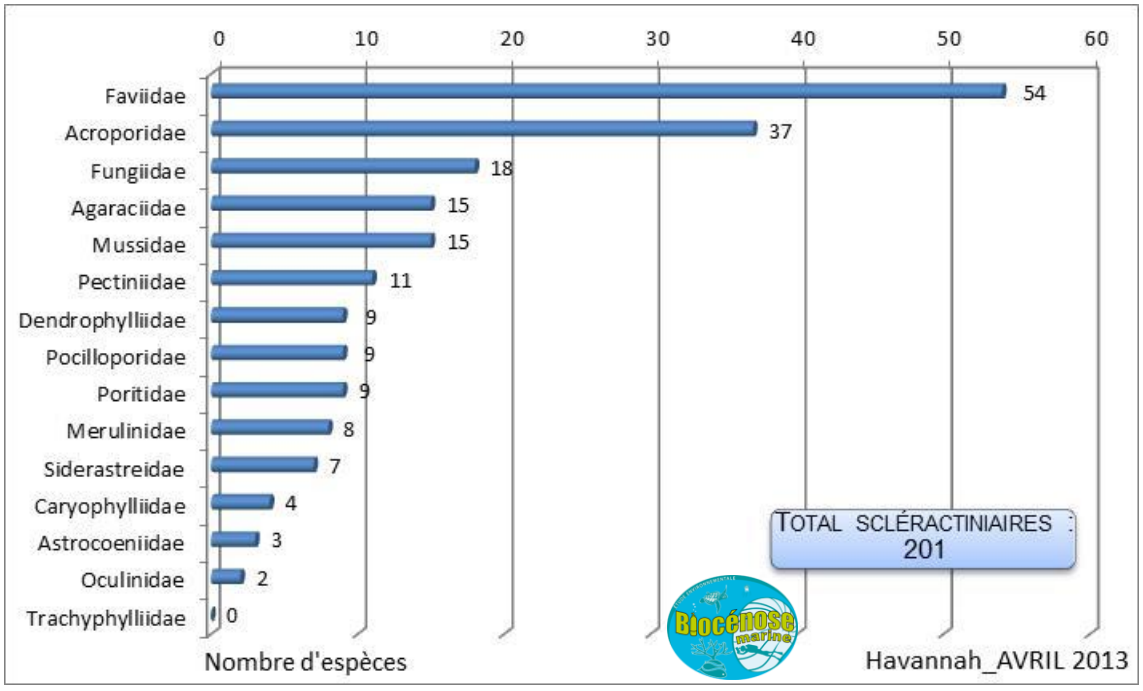


Figure n°162 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne pour le canal de la Havannah

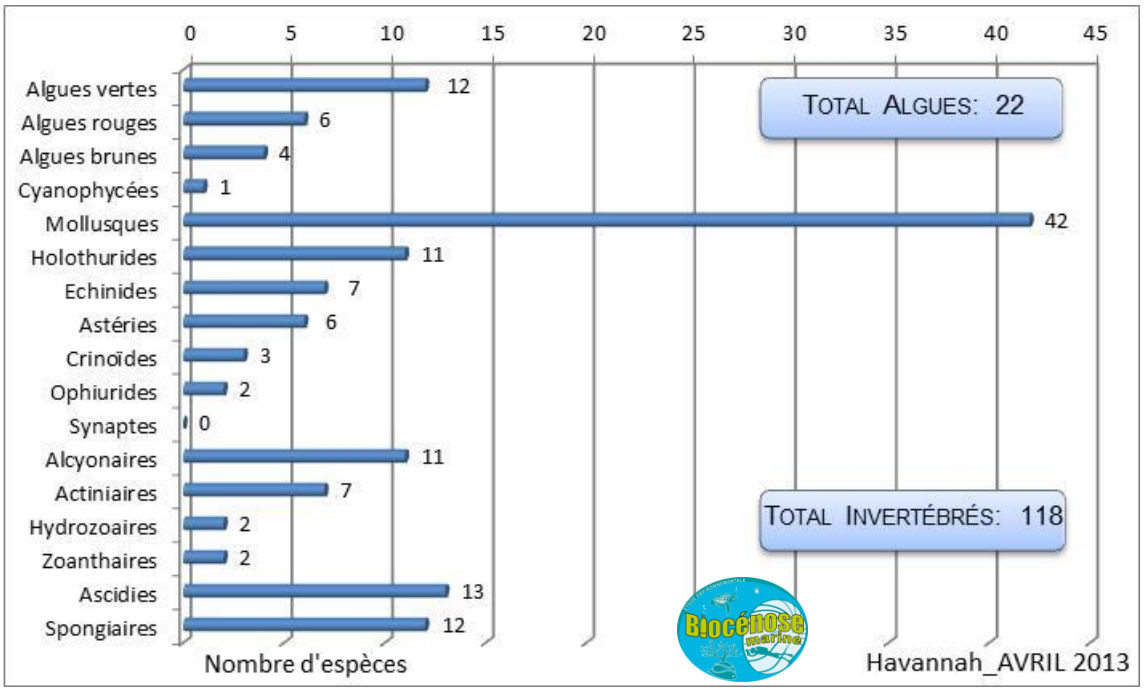


Figure n°163 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah

5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin

En avril 2013, la richesse spécifique du site Woodin est composée de 86 espèces coralliennes, de 40 espèces d'invertébrés, de 5 espèces de macrophytes, et aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **86 espèces coralliennes** (dont 78 espèces de scléractiniaires, 3 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), 3 espèces de gorgones, 2 espèces d'antipathaires).
  Les familles scléractiniaires (78 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (22 taxons), les Acroporidae (15 taxons), les Fungiidae (8 taxons), les Agaraciidae (5 taxons), les Dendrophylliidae (5 taxons), les Mussidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5

taxons), les Siderastreidae (4 taxons), les Merulinidae (3 taxons), les Oculinidae (2 taxons), les Pectiniidae (2 taxons), les Astrocoeniidae (1 taxon), les Poritidae (1 taxon).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
Le blanchissement corallien affecte 2/78 espèces de scléractiniaires (2,6%).
Le blanchissement visuel moyen est de 0,17% de la surface totale observée.

- **40 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinidés (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies.
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon).
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

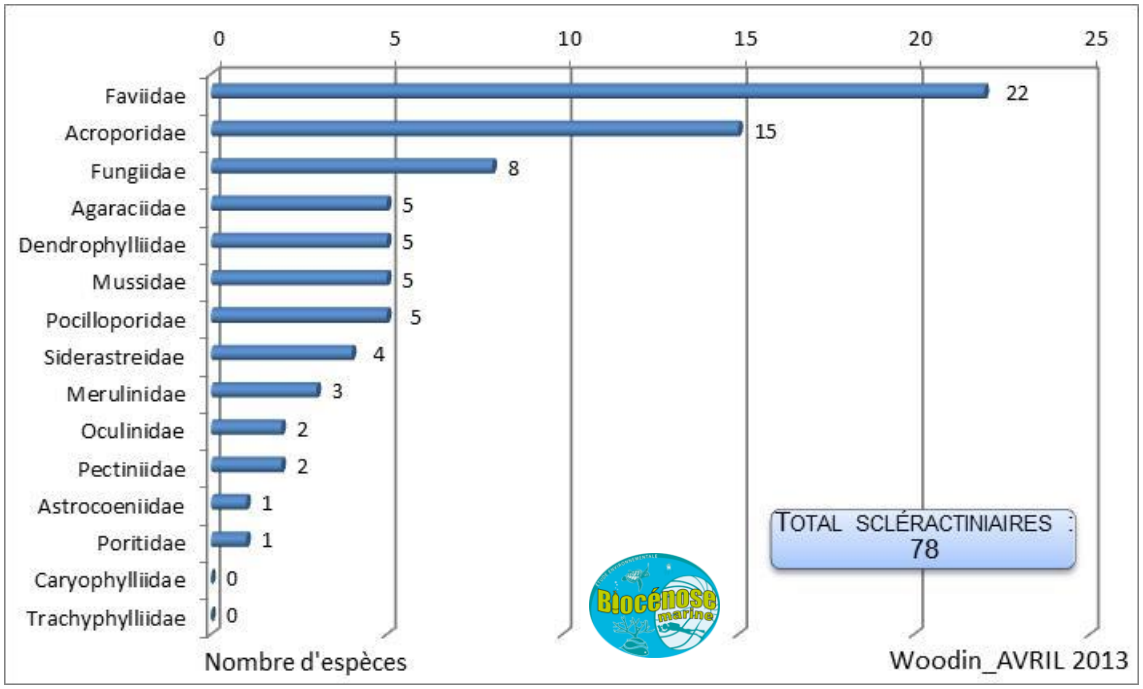


Figure n°164 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne pour le canal Woodin

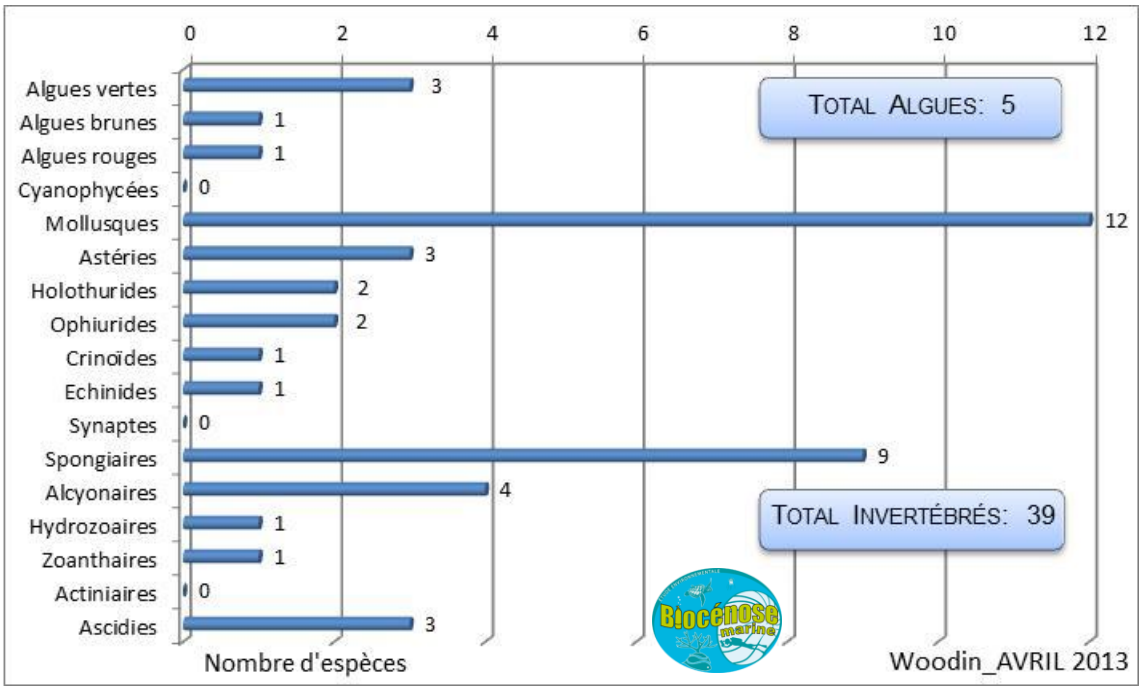


Figure n°165 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin

5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony

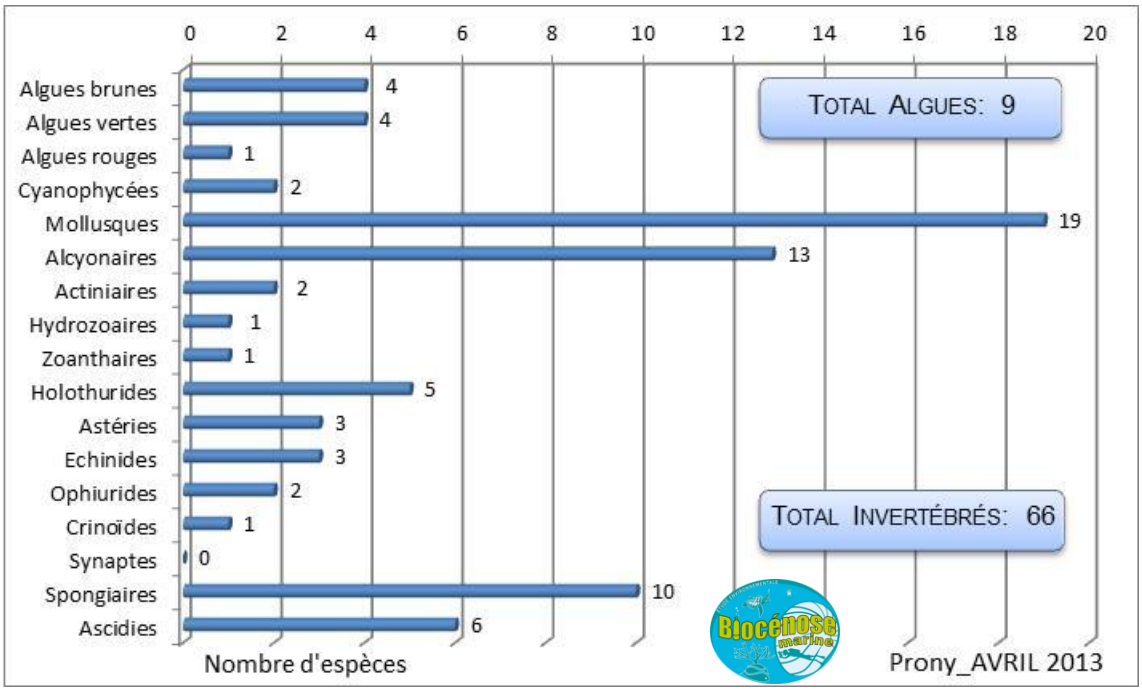


Figure n°166 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne pour la baie de Prony

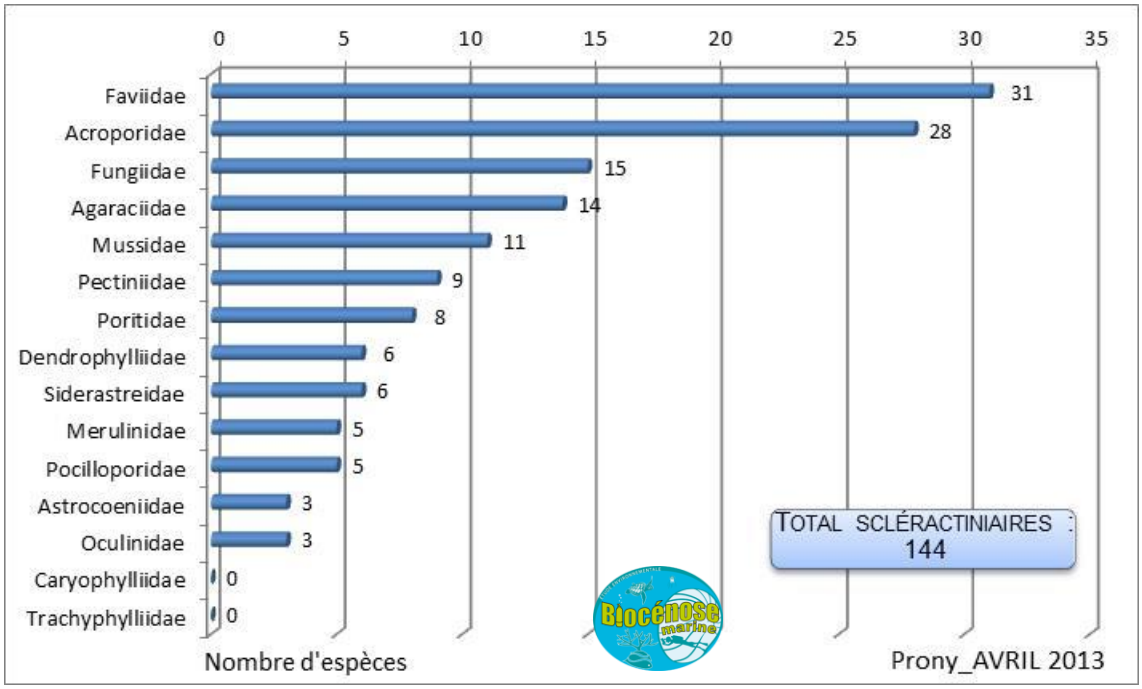


Figure n°167 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony

En avril 2013, la richesse spécifique du site Prony est composée de 152 espèces coralliennes, de 66 espèces d'invertébrés, de 9 espèces de macrophytes et de 2 espèces de cyanobactéries. Cette richesse spécifique se répartie de la manière suivante :

- **152 espèces coralliennes** (dont 144 espèces de scléractiniaires, 4 espèces de millépores (sub massif, branchu et encroûtant), une espèce de gorgone, 2 espèces d'antipathaires, une espèce de stolonifère).

Les familles scléractiniaires (144 taxons au sein de 13 familles) dont les taxons sont les plus nombreux sont par ordre décroissant : les Faviidae (31 taxons), les Acroporidae (28 taxons), les Fungiidae (15 taxons), les Agaraciidae (14 taxons), les Mussidae (11 taxons), les Pectiniidae (9 taxons), les Poritidae (8 taxons), les

Dendrophylliidae (6 taxons), les Siderastreidae (6 taxons), les Merulinidae (5 taxons), les Pocilloporidae (5 taxons), les Astrocoeniidae (3 taxons), les Oculinidae (3 taxons).
Aucun taxon n'a été recensé dans la famille des Caryophylliidae, des Trachyphylliidae.
Le blanchissement corallien affecte 35/144 espèces de scléractiniaires (24,3%).
Le blanchissement visuel moyen est de 1,17% de la surface totale observée.

- **66 espèces d'invertébrés** dont 19 espèces de mollusques ; 17 espèces de cnidaires : alcyonaires (13 taxons), actiniaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies.
- **9 espèces de macrophytes** : algues brunes (4 taxons), algues vertes (4 taxons), algues rouges (1 taxon).
- **2 espèces de cyanobactéries**.

5.2.4 Répartition spatiale de la diversité benthique

L'échantillonnage montre de grande disparité de composition et de biodiversité entre les trois sites. La biodiversité de chaque site est dépendantes des conditions du milieu mais également du nombre de stations échantillonnées car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospectée).

Le plan d'échantillonnage est très disparate dans la zone d'étude car 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

5.2.4.1 La biodiversité corallienne

La liste complète des coraux comprend les groupes suivants : Scléractiniaires, Millépores, Antipathaires, Stolonifères et les Gorgones. L'assemblage spécifique est composé principalement par les scléractiniaires.

Cette diversité est très contrastée dans la zone d'étude :
Selon les sites : Havannah : 210 taxons, Prony : 152 taxons et Woodin : 86 taxons, dont les scléractiniaires avec respectivement 201, 144 et 78 taxons.
Selon les stations **:** 82 à 142 espèces ont été dénombrées (respectivement ST01 et ST10).
Selon les transects **:** 18 à 104 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04C et ST10A).
Le transect où la richesse spécifique est la plus importante (104 espèces coralliennes inventoriées) est le ST10A (îlot Kié, situé dans la réserve Yves Merlet).

La **moyenne du nombre d'espèce corallienne** par transect pour l'ensemble de la zone (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) est de **66.2 (+/-20.3)** taxons. Malgré une légère augmentation de diversité, la richesse spécifique moyenne reste stable par rapport aux trois dernières missions (respectivement : 67.3, 64.8 et 61.2 taxons). **Même si certaines espèces n'ont pas été répertoriées pour cette mission, leur disparition a été contrebalancée par l'apparition de nouvelles.**
Les transects du canal de la Havannah (moyenne de 68 taxons (+/-20.3) et de la baie de Prony (moyenne de 69.7 (+/-13.7) taxons sont globalement plus riches que le Canal Woodin 44.6 (+/-24.1) taxons.

L'échantillonnage montre de grande disparité de composition et de biodiversité entre les trois sites. La biodiversité de chaque site est dépendantes des conditions du milieu mais également du nombre de stations échantillonnées car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospectée).
Hors, le plan d'échantillonnage est très disparate dans la zone d'étude car 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

Si la richesse spécifique moyenne de la baie de Prony est relativement plus faible que pour les transects du canal de la Havannah, ceci est à minorer car la ST02 (Creek baie nord) recense un nombre très important d'espèces (101 et 84 espèces respectivement pour les transects ST02A&B).

Par ailleurs, la baie de Prony et le canal Woodin renferme une multitude de biotopes très vulnérables qui ne sont pas explorés dans le cadre de cette étude.

Les espèces présentent dans le canal de la Havannah sont relativement fréquentes (ubiquistes) dans le lagon Sud de Nouvelle-Calédonie. Par contre, les espèces inféodées à la baie de Prony développent des morphoses particulières dans le monde et les colonies peuvent notamment être de grande taille. **La conjonction des paramètres environnementaux de cette baie rendant le développement des coraux unique dans le monde.**
De plus, certaines espèces de la baie de Prony, sont considérées comme rares dans les eaux calédoniennes (*Alveopora catalai, Blastomussa merleti, Leptoseris yabei, Cantharellus noumeae*…).

Les différences de diversité au sein de chaque site sont dans de faibles proportions et s'intègrent dans la répartition des espèces sur un récif soumis à la sédimentation et la dessalure (baie de Prony), aux courants de marée (canal Woodin), à la houle, au ressac et aux courants de marée (canal de la Havannah).

Bien que la diversité ne soit pas la même entre les 3 sites, les grandes familles coralliennes se répartissent de manière quasi similaire entre les 3 sites. A savoir : les familles les plus diversifiées sont les Faviidae, les Acroporidae et les Fungiidae puis dans une moindre mesure les Mussidae, les Agaraciidae, les Dendrophylliidae et les Pocilloporidae.

5.2.4.2 La biodiversité des invertébrés

La liste complète des invertébrés comprend les sous-groupes suivants : alcyonaires, spongiaires, mollusques, ascidies, échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides, ophiurides, synaptes), actiniaires, zoanthaires, hydrozoaires et bryozoaires.
L'assemblage spécifique est composé principalement par les mollusques, les alcyonaires et les spongiaires puis dans une moindre mesure par les astéries et les holothuries, les échinides. Les ascidies sont également très diversifiées dans le canal de la Havannah.

Cette diversité des invertébrés est contrastée dans la zone d'étude :
Selon les sites : Havannah : 120 taxons, Prony : 66 taxons et Woodin : 40 taxons.
Selon les stations : 37 à 72 espèces ont été dénombrées (respectivement ST02 et ST09).
Selon les transects : 18 à 64 espèces ont été dénombrées (respectivement ST03C et ST09B).

En avril 2013, **la moyenne du nombre d'espèce d'invertébrés** par transect pour l'ensemble de la zone (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) est de **31.5 (+/-9.9)** taxons. La richesse spécifique moyenne reste stable par rapport à la dernière mission d'octobre 2012 avec **31.47 (+/-8.79)** taxons. Cette diversité moyenne a augmenté légèrement par rapport aux missions de mars 2012 et septembre 2011 (respectivement 29.78 et 27.66 taxons).
Cependant de nombreuses fluctuations spécifiques au sein de chaque groupe et par transect est observable selon les missions.

5.2.4.3 La biodiversité des macrophytes

Les macrophytes ont un assemblage spécifique composé par les algues rouges, vertes et brunes.

Cette diversité des macrophytes est contrastée dans la zone d'étude :
Selon les sites : Havannah : 22 taxons, Prony : 9 taxons et Woodin : 5 taxons.
Selon les stations : 3 à 15 espèces ont été dénombrées (respectivement ST12 et ST09).
Selon les transects : 1 à 15 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04C, ST05C, ST07A, ST10C et ST09B).

En avril 2013**,** la **moyenne du nombre d'espèce de macrophytes** par transect pour l'ensemble de la zone (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) est de **4.8 (+/-3.47)** taxons. La richesse spécifique moyenne a diminué par rapport aux dernières les missions (rappels : octobre 2012 :**7 (+/-3.85) ;** mars 2012 : 5.54 taxons et septembre 2011 : 5.31 taxons).

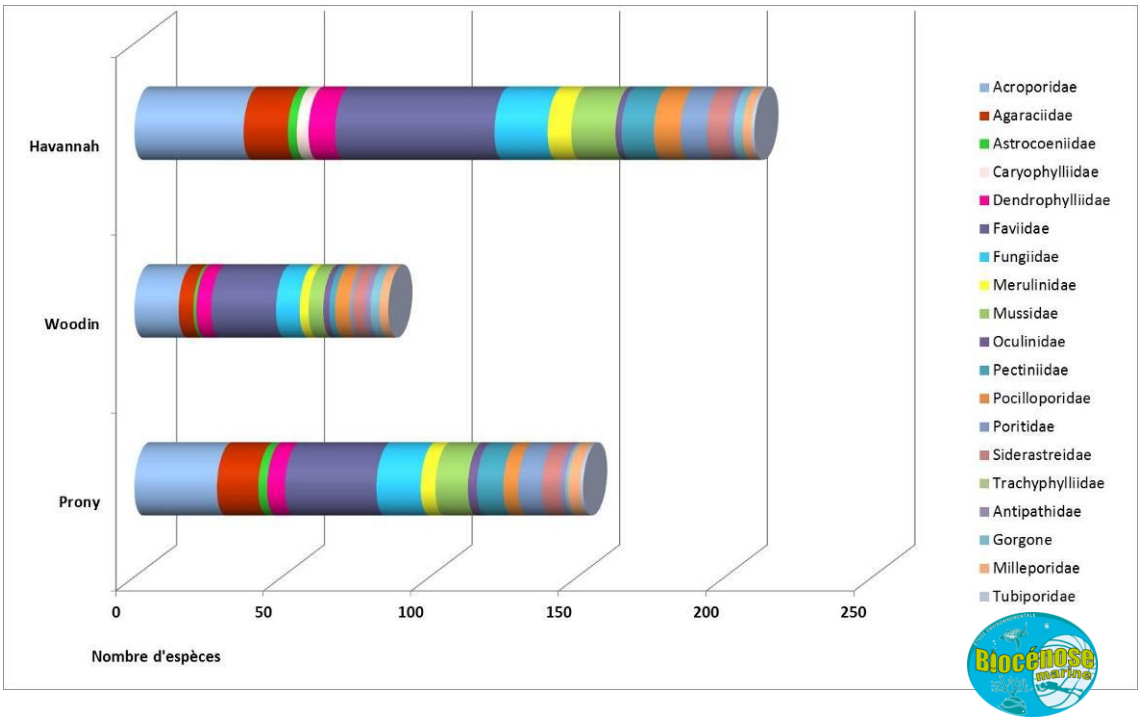


Figure n°168 : Assemblage des coraux par famille pour les trois sites

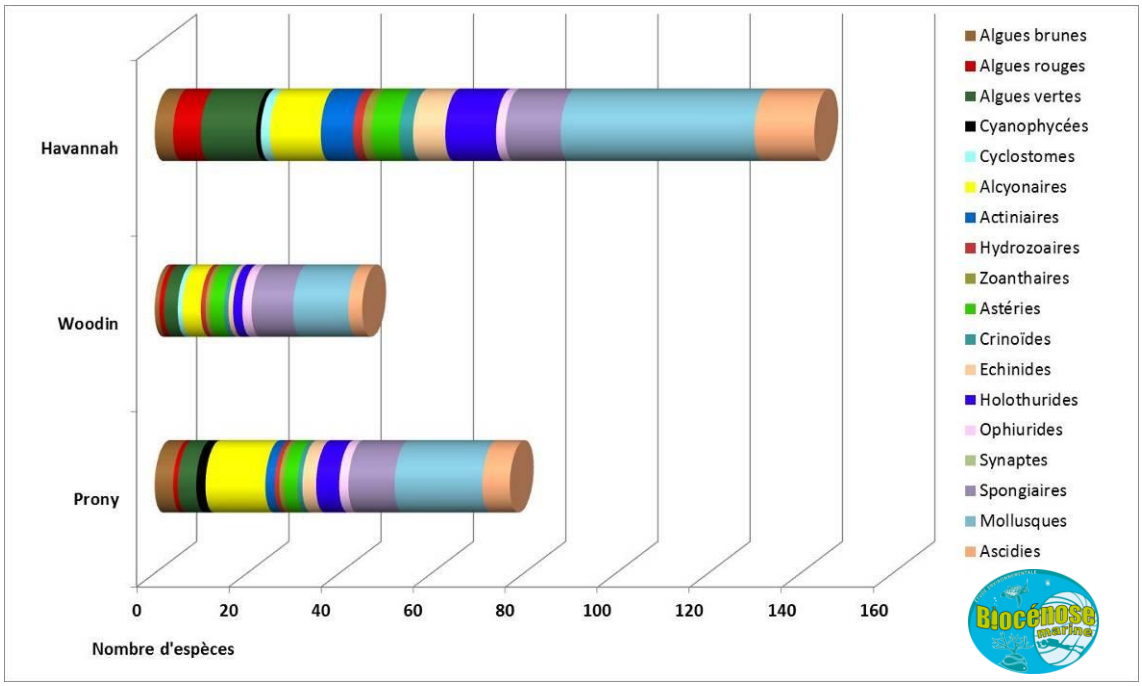


Figure n°169 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites

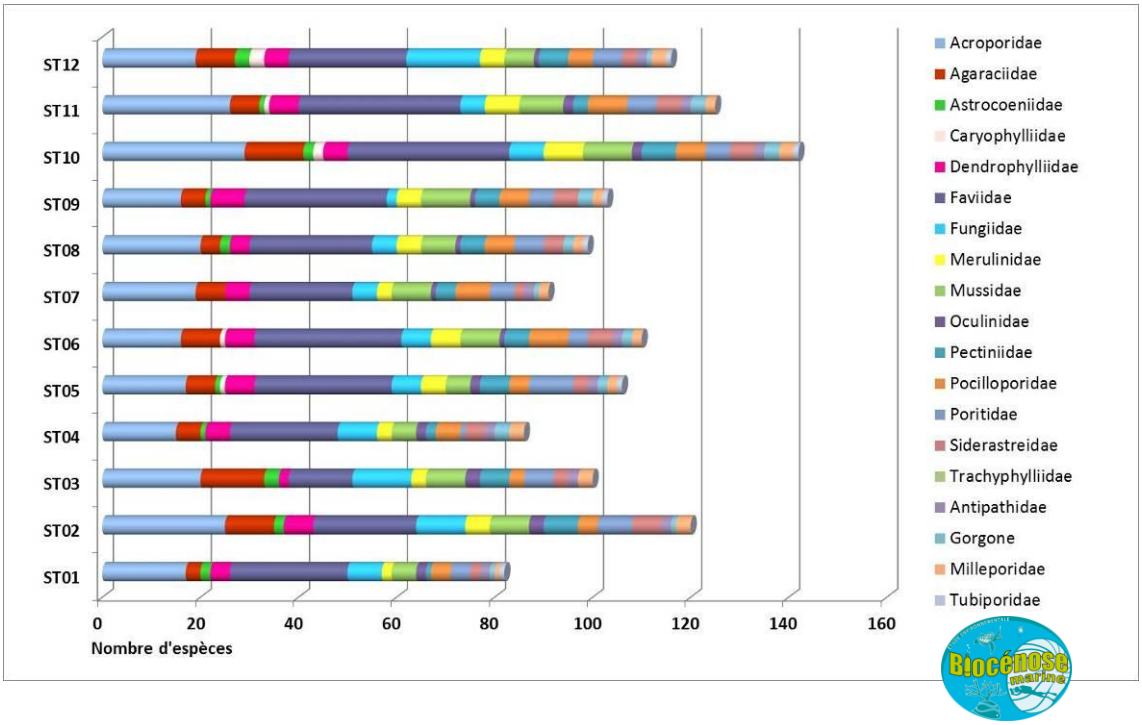


Figure n°170 : Richesse spécifique corallienne selon les familles par station

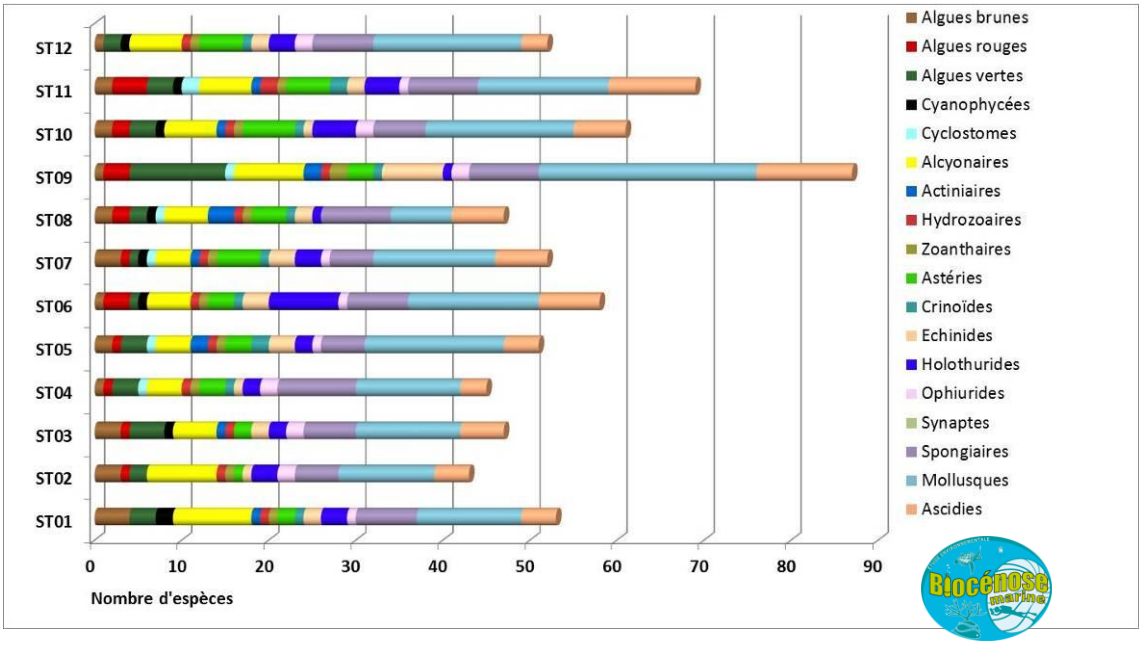


Figure n°171 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par station*

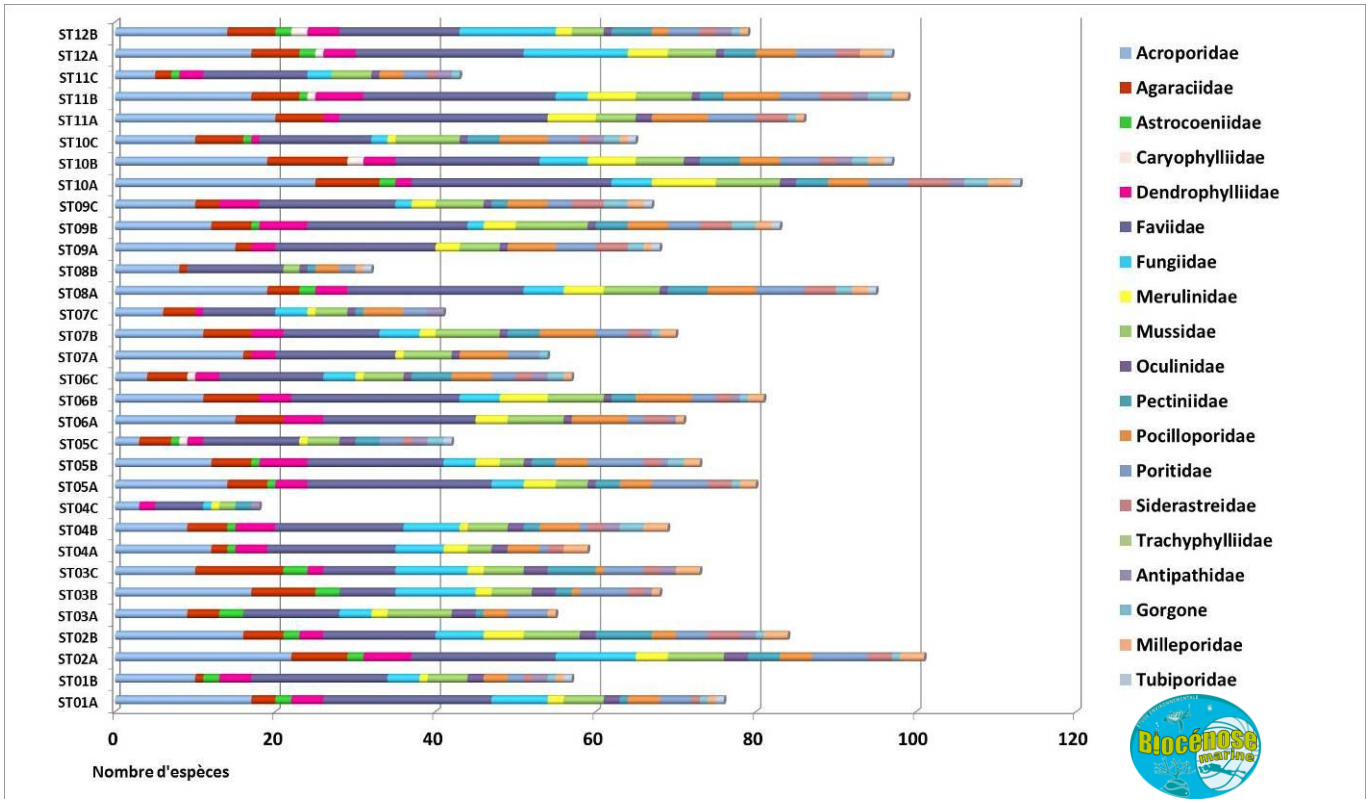


Figure n°172 : Richesse spécifique corallienne selon les familles par transect

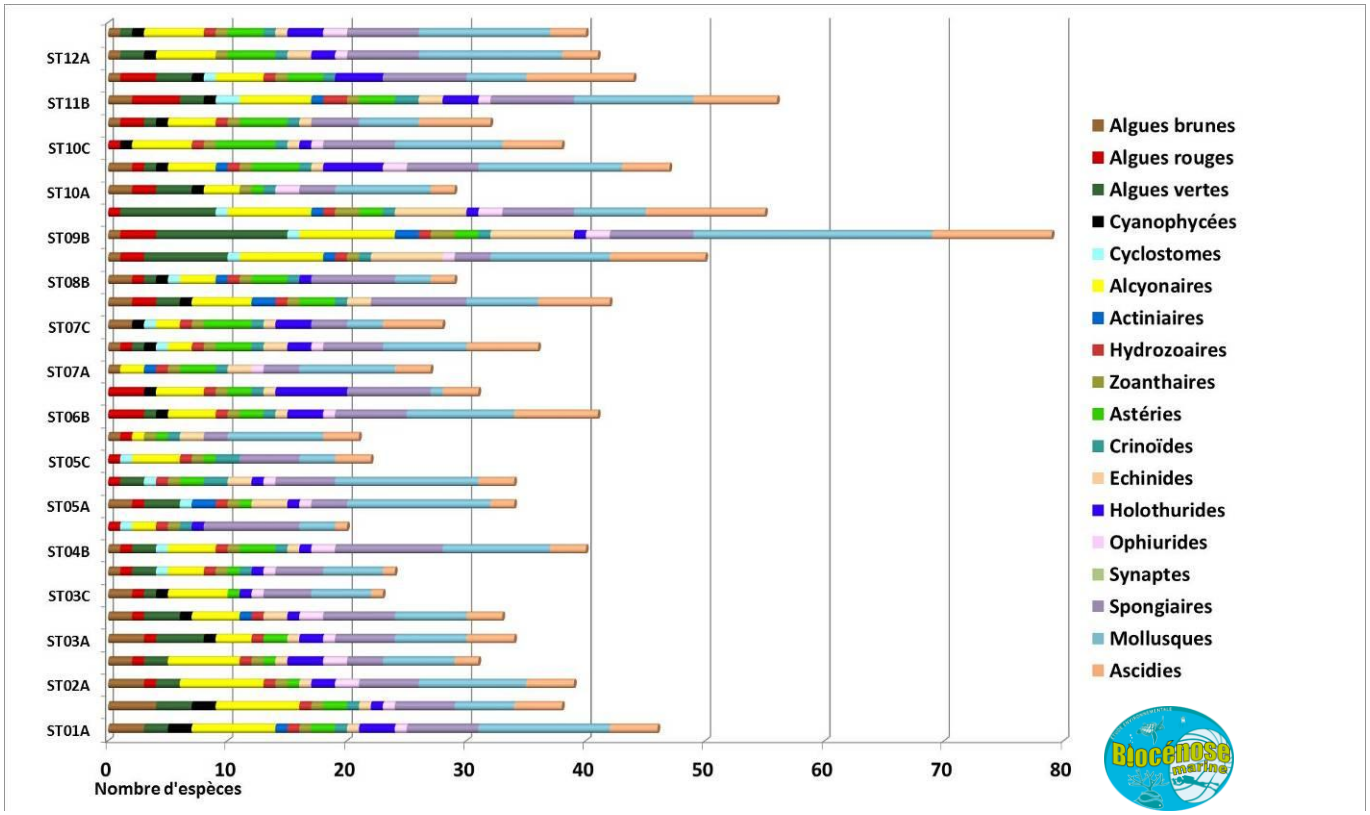


Figure n°173 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect*

5.3 Ichtyologie

Les résultats bruts et traités du comptage des poissons, sont présentés dans chaque station et en annexe 06.

Les paramètres biologiques globaux concernant les stations sont présentés dans le tableau 273 et les figures 174 à 176 (rappel : liste restreinte, cf. § 6.3).

Tableau n°273 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune

STATION / PARAMETRES BIOLOGIQUES	ST01 Casy	ST02 B. nord	ST03 Port	ST04 Wood.	ST05 Ioro	ST06 Ionon.	ST07 Chamb	ST08 Puka	ST09 B. Kié	ST10 I. Kié	ST11 Toémo	ST12 Ugo
Nombre individus (moy/transect)	98	153	22	237	140	284	290	79	244	725	110	116
Richesse spécifique* Biodiversité 1	18	8	13	47	48	80	46	26	43	57	42	35
Biodiversité 2	33	49	46	80	87	97	69	48	82	85	55	52
Biodiversité 3	58	68	62	110	115	140	114	76	98	153	92	86
Densité (nb ind/m²)	1,09	1,91	0,28	2,71	1,8	2,8	2,26	0,68	3,04	7,23	1,35	1,6
Biomasse (g/m²)	26,75	45,07	1,14	87,47	130,43	760,11	175,08	27,28	40,63	259,09	60,53	57,85
Indice de Shannon	2,97	1,01	2,57	4,21	4,74	5,05	2,96	3,5	4,42	2,99	4,46	4,26
Indice Equitabilité	0,71	0,34	0,7	0,76	0,85	0,8	0,54	0,75	0,82	0,51	0,83	0,83

* *cf. § 6.3*

Ce sont les 3 stations de la baie de Prony qui présentent les plus faibles chiffres en richesse spécifique (ST02), abondance, densité et biomasse (ST03), ainsi que pour les 2 indices biologiques (ST02).
La ST05 (Ioro) possède l'indice d'équitabilité le plus élevé : c'est donc une station avec une structure des populations relativement homogène. Mais c'est aussi le cas de la plupart des stations (hormis la ST02 dont l'indice < 0.5)
Pour cette mission, encore une fois c'est la station de l'îlot Kié (ST10) qui est particulièrement riche en individus et donc en densité.
Le record de biomasse est toujours détenu par ST06 (Ionontea) avec aussi la plus grande biodiversité.

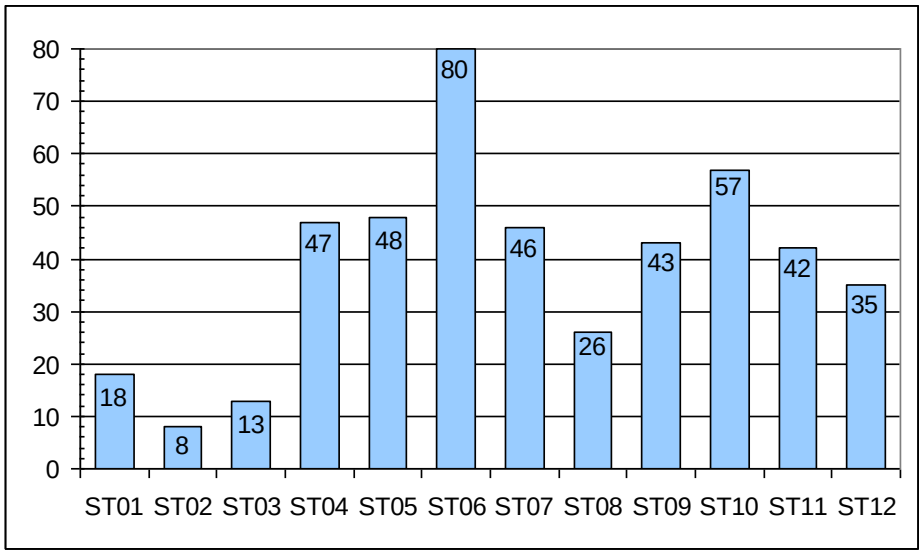
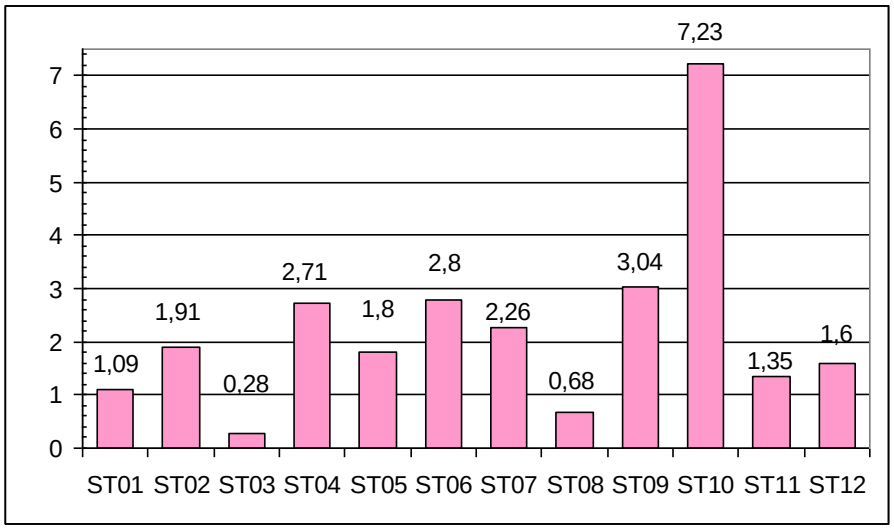


Figure n°174 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station



ST01	Casy
ST02	Creek baie nord
ST03	Port
ST04	Woodin
ST05	Ioro
ST06	Ionontea
ST07	Chambeyron
ST08	Puka
ST09	Bancs Kié
ST10	Ilot Kié
ST11	Toémo
ST12	Ugo

Figure n°175 : Densité (nb ind/m²) de l'ichtyofaune par station

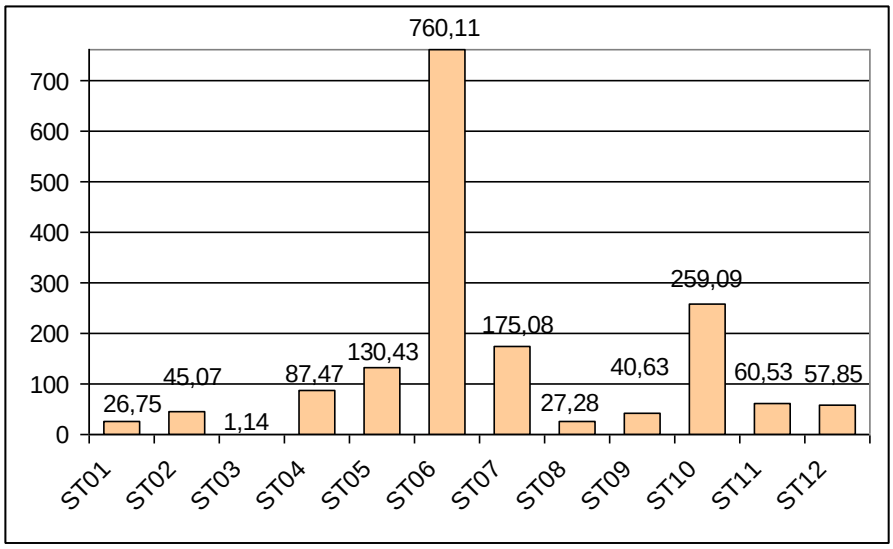


Figure n°176 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station

5.4 Espèces exogènes / espèces invasives / envahissantes

5.4.1 Définitions

L'introduction d'espèce exogène est préoccupante car **tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive** (espèce envahissante exogène)**. Les espèces invasives peuvent réguler leur croissance et s'étendre dans leur nouvel habitat en causant des perturbations dans les communautés biologiques locales.**

***- Espèce exogène* (espèce exotique ou espèce non indigène ou espèce allochtone) :** Se dit d'une espèce qui provient d'un autre pays, d'une autre région du monde, qui n'est pas native de l'endroit.

- Espèce indigène (ou espèce native ou espèce autochtone) : Qualifie la nature d'une espèce particulière native d'une région particulière ; se dit d'un organisme ou d'une espèce qui est naturellement originaire (indigène, autochtone) d'un environnement ou d'une région. Son contraire est espèce non indigène ou espèce exogène ou espèce allochtone.

La notion écologique d'espèce invasive et d'espèce envahissante est récente : Pour la comprendre, il faut savoir que les équilibres entre espèces au sein des écosystèmes, à l'échelle de temps humaine au moins, sont relativement bien établis. Sans intervention humaine, les phénomènes d'extension brutale de l'aire de répartition d'une espèce sont extrêmement rares. Les besoins des sociétés humaines conduisent à l'exploitation plus ou moins intense des écosystèmes et affectent la biodiversité.
Les auteurs ne sont pas encore d'accord sur l'emploi et la définition exacte des deux termes « espèce envahissante ou invasive », ce dernier mot étant en plus un anglicisme.
Cependant, pour plus de clarté, nous arrêterons dans le présent rapport les définitions suivantes :

- Espèce invasive : Une espèce invasive ou espèce envahissante exogène ou espèce exotique envahissante est une espèce non native de la zone concernée (introduite) et qui devient un agent de perturbation nuisible à la biodiversité autochtone des écosystèmes naturels ou semi-naturels parmi lesquels elle s'est établie.
Les espèces invasives peuvent réguler leur croissance et s'étendre dans leur nouvel habitat en causant des perturbations dans leur communauté biologique locale. Tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive.

- Espèce envahissante : espèce indigène dont le potentiel de reproduction est important et qui lors d'un développement excessif (dû à des facteurs x) pourra alors déséquilibrer son milieu.

Il faut donc bien faire la différence entre une espèce invasive (exogène à la base) et envahissante (indigène), même si les 2 phénomènes sont à surveiller du fait de leurs conséquences néfastes sur l'environnement.

5.4.2 Espèces exogènes / invasives

Les activités minières et industrielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie génèrent un haut niveau de risque d'introduction, d'installation et de diffusion d'espèces exogènes notamment par l'importance du trafic de marchandises (en particulier via le port international de Prony) et par les nombreuses voies de pénétration ouvertes dans les milieux naturels.

Au vu de l'étendue de la zone géographique (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah), de la complexité et la multiplicité des habitats présents et à la diversité importante des taxons potentiels, nos observations sur les stations d'étude biologique sont mineures et seraient à préciser et renforcer avec un plan d'échantillonnage et une méthodologie plus adaptés à la problématique des espèces exogènes, si celle-ci venait à être identifiée par les administrations compétentes.
Cependant, au cours des différentes plongées, au fur et à mesure de la détermination des espèces rencontrées, quel que soit l'embranchement, nous essayons de détecter la présence d'espèces exogènes, invasives ou non.

A ce jour aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'étude.
Il n'y a donc pas, au vu de la taille de notre échantillon, de phénomène d'invasion actuellement.

5.4.3 Espèces envahissantes

Par rapport aux taxons (indigènes) qui sont observés durant ces suivis :

- **L'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année** (depuis le suivi d'août 2007), **ne présentent pas, de manière permanente, d'anomalie caractéristique d'espèces envahissantes** qui pourraient nuire à l'environnement.
- **Toutefois, une attention particulière doit être portée sur l'évolution du recouvrement de deux genres de macrophytes** (***Asparagopsis*** et ***Lobophora)***. Si ces macrophytes venaient à être identifuées par les administrations compétentes comme cibles d'études de suivis spécifiques dans le lagon calédonien, des investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadras) afin d'évaluer leur potentiel de nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace.

Les proliférations de macro-algues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement, une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

- L'algue rouge du genre *Asparagopsis* présente un développement saisonnier très important (particulièrement en fin d'hiver austral et début d'été austral), dans certaines zones du canal de la Havannah comme le banc Ionontea (ST06), les bancs Kié (ST09) et le récif Toémo (ST11). Ce genre est répertorié sur la liste IUCN comme un genre qui comporte des espèces introduites et invasives dans les zones subtropicales et tempérées. Le statut du genre *Asparagopsis* en tant qu'espèce invasive *vs* espèce envahissante reste à définir en Nouvelle-Calédonie car il existe de nombreux clades au sein de ce genre (espèces proches par la phylogénie). Ce genre est très souvent épiphyte sur d'autres algues. Il peut également constituer une menace pour les organismes benthiques et particulièrement pour les cnidaires (coraux) par les effets écologiques de sa prolifération et la toxicité naturelle sur la santé du corail.

- L'algue brune du genre *Lobophora* est également à surveiller à long terme car elle constitue un compétiteur spatial important pour les coraux. Ce genre se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony et il pourrait éventuellement avoir des caractéristiques d'une espèce envahissante dans certaines zones comme le Creek baie nord (ST02) et le Port (ST03). Si les conditions environnementales venaient à changer (principalement augmentation de la turbidité), certaines espèces coralliennes pourraient être perturbées et le genre *Lobophora* pourrait ainsi se développer à la défaveur des coraux puis étouffer une grande partie des récifs.

Ces deux genres sont actuellement suivis avec attention à chaque campagne.

485000 488000 491000 494000

205000

202000

Légende :

Pourcentage de recouvrement du substrat

Paramètres biologiques des poissons

Richesse Taxonomique du benthos

Aqua Terra

USINE GORO NICKEL

Pointe de la Gomme

Baie Nord

Grand Port

e aux Anglais

Roche Auzile

Ilot Casy

Wharf

RÉSERVE MARINE DE L'ILOT CASY

Pointe de l'Abattoir

Wharf

Wharf

ST01

ST02

ST03

ST04

Baie de Prony

Ile Montravel

Passe de Kouadio

Kouo

Pointe des Pins

Bonne Anse

(Baie Est)

Anse Majic

Baie à Toto

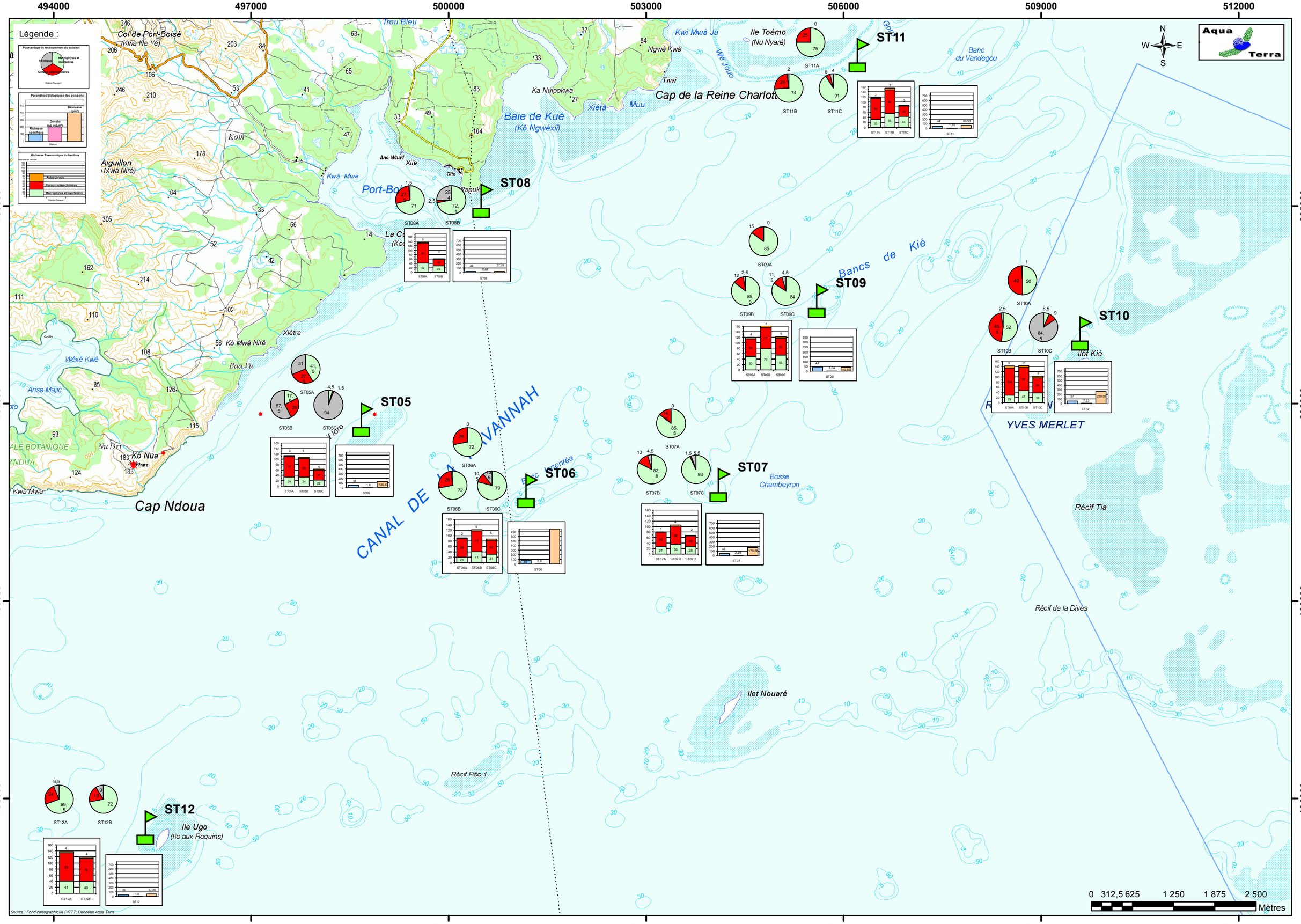
RÉSERVE SPÉCIALE BOTANIQU DU CAP NDUA

Récif du Prony

Source : Fond cartographique DITTT; Données Aqua Terra

0 187,5 375 750 1 125 1 500 Mètres

Carte n°15 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin



Carte n°16 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah

6 Comparaison avec les données historiques

En préalable, il faut présenter les points importants des travaux de 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2012 et les divergences entre les conditions météorologiques-périodes, techniques-matériels et/ou méthodologie.
Les différences relevées sont listées dans le tableau 323 en annexe 02 (non exhaustif) et ne tiennent pas compte des aléas humains (les comptages visuels et la précision dans l'identification des espèces tant ichthyologiques que coralliennes peuvent varier selon l'expertise des observateurs, les conditions météorologiques, le protocole utilisé et les moyens de respiration sous-marine par exemple).
En synthèse, succinctement, en 2005, le dénombrement des poissons par Mélanopus (canal de la Havannah) et A2EP (baie de Prony) s'est fait sur des transects à largeur fixe de 50 m de long, alors qu'A2EP en 2007 et AQUA TERRA depuis 2008 ont fait les dénombrements sur des transects à largeur variable de 20 m de long comme l'impose le cahier des charges.
Par ailleurs, en 2005 le plongeur de Mélanopus a travaillé au NITROX tandis que depuis 2007 les plongeurs d'A2EP puis d'AQUA TERRA travaillent à l'air comprimé.
De plus, la mission 2007 s'est déroulée en hiver (fin août – début septembre) sous un très mauvais temps (vent fort et pluie) entretenant une eau très turbide.
La mission de 2008 s'est déroulée au printemps (fin octobre – début novembre) sous un grand beau temps et donc une eau très claire.
La mission 2009 s'est déroulée à la fin de l'automne (mi-juin) sous un régime d'alizés modérés.
La mission de mars-avril 2010 a été réalisée à la toute fin de l'été (début saison fraîche), avec des conditions météorologiques moyennes (vent et pluies) puis la suivante a été réalisée à la fin de l'hiver (fin septembre 2010), avec des conditions météorologiques plutôt bonnes (soleil, peu de vent et peu de courants).
En 2011, la mission de mars a été réalisée à la toute fin de l'été (début saison fraîche), avec des conditions météorologiques plutôt moyennes (ciel assez couvert, vent autour de 15 nds, houle et clapot et courant plutôt marqué), alors que la suivante se déroulait en fin de l'hiver (fin septembre début octobre), avec des conditions météorologiques plutôt bonnes (soleil, peu de vent et peu de courants).
En 2012, la mission de mars 2012 a été réalisée à la fin de l'été, avec des conditions météorologiques variables (soleil à couvert selon les jours, vent moyen de sud à ouest et du courant parfois fort) et celle d'octobre (la précédente donc) a été réalisée à la fin de l'hiver, avec des conditions météorologiques variables (soleil à couvert selon les jours, vent plutôt de secteur est et du courant parfois fort)

La mission (avril 2013) objet de ce rapport a été réalisée la toute fin de l'été (début saison fraîche), avec des conditions météorologiques variables (temps assez couvert selon les jours, voire avec pluie, vent plutôt de secteur est et du courant parfois fort).

Tous les échantillonnages de cette mission ont été réalisés par les mêmes intervenants que pour les campagnes précédentes depuis 2008. L'écart temporel est d'environ 6 mois, avec la dernière mission (octobre 2012).

6.1 Substrat

Pour suivre une évolution globale, nous avons comparé les résultats (en pourcentage de recouvrement) du biotique (en deux groupes : les coraux scléractiniaires et les autres organismes vivants, rangés sous le terme de « macrophytes et invertébrés ») et des fonds abiotiques (tableau 289).

Selon plusieurs études [04, 05], le LIT est une méthode présentant des variations moyennes de l'ordre de 20%, y compris pour un même opérateur.
Par ailleurs, pour les études à des fins de gestion (et non de recherche), les résultats d'enquête ne nécessitent qu'une précision de 20% et les efforts pour parvenir à une plus grande précision sont considérés par certains auteurs/chercheurs comme «une perte de temps et d'argent » [06].
Pour ces raisons et les différences dans les conditions d'exécution des différentes campagnes, nous n'avons donc gardé que la marge supérieure à 20% de fluctuation.

Pour cette mission, il y a très peu de variations générales : les stations apparaissent relativement stables

notamment en ce qui concerne le pourcentage de recouvrement en coraux scélractiniaires (fourchette entre - 10.50% (1 transect : ST05A), sinon - 5.5% et + 9%), avec une tendance générale très stable (+ 0.3% en tout en moyenne sur les 12 stations, soit 32 transects).

Au niveau individuel, les variations qui apparaissent sont peu nombreuses puisqu'un seul transect est concerné : ST08B. C'est une augmentation du recouvrement biotique qui est la résultante d'une hausse du susbstrat « corail mort avec algues », au détriment du sable précédemment rencontré.
Ces mouvements dans le recouvrement par les sédiments fins (vase et/ou sable) sont liés aux grands phénomènes hydrodynamiques climatiques et peuvent être observés régulièrement.

6.2 Benthos

Afin d'évaluer les dégradations éventuelles de la zone sous l'influence potentielle du projet, une étude sur la biodiversité des biocénoses benthiques a été réalisée. Pour ce faire, les biocénoses benthiques cibles (fixes et mobiles) ont été inventoriées. **La présence des espèces mobiles est un indicateur du fonctionnement de l'écosystème ; La diversité et l'abondance renseignent sur la vulnérabilité du site**. Il est important de noter que **l'absence ou la diminution d'abondance des espèces mobiles d'une mission à une autre n'est pas un indicateur de dégradation environnementale**. Leur absence peut être momentanée et n'est pas synonyme de mortalité car leur mobilité leur permet de migrer du couloir d'inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri… .
En considérant cette notion de variabilité saisonnière des macrophytes et de mobilité de certaines espèces (particulièrement les échinodermes et les mollusques), **il est très important de s'attacher aux variations d'abondance et de richesse spécifique des organismes fixés et présentant des variations épisodiques relativement faibles (scléractiniaire, alcyonaire et spongiaire)**.
Par exemple, si les données de richesse spécifique et d'abondance concernant les groupes des scléractiniaires, des alcyonaires et des spongiaires sont en diminution, c'est qu'il y a eu inévitablement une dégradation du milieu (anthropique ou naturelle). Après avoir fait ce constat, il faut par la suite chercher les causes de ces dégradations (mécanique, chimique, variations des paramètres environnementaux : augmentation de température de l'eau, apport d'eau douce, apport de particules…).

Les biocénoses benthiques se sont adaptées aux conditions environnementales par la sélection d'espèces colonisant les milieux agités (canal de la Havannah et canal Woodin) et les milieux calmes et turbides (baie de Prony). Les macrophytes, spongiaires et alcyonaires sont en compétition spatiale avec les coraux scléractiniaires pour toutes les stations sauf en station 04 (Woodin) où le recouvrement biotique est particulièrement représenté par les coraux (les autres groupes sont très minoritaires). Ces observations rentrent dans le cycle naturel. Cependant, l'évolution de ces groupes biotiques est à surveiller au regard des perturbations potentielles dans cette zone (perturbations d'origine anthropique et/ou d'origine naturelle exceptionnelle).

Le degré d'exposition des habitats à l'hydrodynamisme conduit à distinguer les milieux de mode battu du mode calme. L'agitation de l'eau crée des forces variant en fonction de son intensité (courants de marées, de houle et ressac). De ce fait, les organismes sont sélectionnés sur les récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin par leur capacité à résister aux forces d'arrachement. La zone de balancement des marées et de vagues constitue l'étage supérieur du système récifal.
D'autre part, la baie de Prony est un regroupement de rades (Grande Rade, Rade du Nord et Rade de l'Est), qui constitue une baie semi-fermée qui est particulièrement protégée des agents hydrodynamiques. De plus de nombreux creeks et rivières se déversent dans cette baie charriant des particules sédimentaires (apports conséquents). Les organismes sont sélectionnés sur ces récifs par leur capacité à résister aux dépôts sédimentaires, à la diminution de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et par endroit à la dessalure des eaux de surface.

Il faut également appréhender les variations sur plusieurs années afin d'enregistrer les variations naturelles de l'environnement. Par ailleurs, les protocoles évoluent et les inventaires se sont affinés au fur et à mesure des missions. Les résultats de richesse spécifique varient avec ces améliorations de protocole, c'est pourquoi il ne faut pas changer de méthodologie trop fréquemment.
La méthode d'analyse de suivis de la richesse spécifique s'appuyant sur l'inventaire des coraux, des

macrophytes et des invertébrés est un très bon indicateur d'évaluation de la santé des récifs. Désormais, une liste d'inventaire très détaillée des biocénoses benthiques avec de nombreuses espèces cibles a été complétée et la méthodologie utilisée n'a plus de raison d'évoluer.

6.2.1 Variation de la biodiversité α dans le temps

La biodiversité α est étudiée car c'est un paramètre biologique fort qui caractérise une station.
Les résultats obtenus de biodiversité α sur le peuplement benthique (coraux scléractiniaires, invertébrés hors coraux durs et macrophytes) sont présentés pour chaque groupe en deux temps :

- 1/ les données de cette présente mission (avril 2013) sont comparées directement avec les données de la mission précédente (octobre 2012),
- 2/ l'ensemble des résultats comparables* des missions précédentes est soumis à deux tests statistiques.

Les deux analyses statistiques proposées sont : Anovar et le test de Friedman.

ANOVAR (comparaisons temporelles) : La prise en considération de l'ensemble des transects et stations de la zone donne une série statistique exploitable permet une analyse temporelle. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée 1) par l'amélioration du protocole au fur et à mesure des missions et 2) par un choix de stations très hétérogènes : baie de Prony contre canal Woodin et canal de la Havannah, et même au sein du canal de la Havannah, des stations sur des bancs à fort courant, des stations exposées aux alizés et d'autres au contraire protégées et donc à plus faible hydrodynamisme.

Test de Friedman : Le test de Friedman a sans doute dans le cas présent plus d'intérêt que celui de Kruskal & Wallis. Ce test, appelé *«test en blocs aléatoires complets* », a pour préalable d'ordonner les résultats des différents traitements à l'intérieur de chaque bloc préétablis.
Ici, sera considèré que les « traitements » sont les conditions environnementales propres à chacune des années de la série historique et que les « blocs » sont les stations qui sont chaque année réévaluée, et dans ce cas, ce sera une analyse en colonnes,

$$\chi^2_{obs} = 12/pq(p+1).\sum Y_i^2 - 3q(p+1)$$

p et q désignant respectivement le nombre d'années (donc de colonnes) et le nombre de transects (donc de lignes). Le degré de liberté ddl = p-1 soit 7 pour l'analyse par années

L'hypothèse (H_0) du test est de s'assurer que les variations observées d'année en année au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.

Les données quantitatives sont obtenues sans répliquat et sont donc sans intervalle de confiance. Les stations ne peuvent donc être comparées individuellement, ni entre elles, ni d'une année sur l'autre.
Seule la considération de l'ensemble des stations de la zone comme une série statistique permet le calcul d'un intervalle de confiance. Avec ce subterfuge la comparaison temporelle de la zone (et uniquement temporelle) peut alors être faite. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par l'hétérogénéité des stations et les fortes variances que cette hétérogénéité entraîne.

Nota Bene : * :

- La **station Ugo** (ST12) n'a pas été échantillonnée pour les missions de 2007 et 2008. Lorsque les résultats de Biodiversité α des missions de 2007 et 2008 sont introduits dans les tests, ces valeurs correspondent à la moyenne des missions suivantes.
  De ce fait certaines analyses ne sont réalisées que sur les 8 dernières missions (excluant 2007 et 2008).
- Par ailleurs, les premières années (2007 et 2008), l'augmentation de diversité des **coraux** est corrélée à la régénération du récif (résilience) mais aussi à une amélioration du protocole (jusqu'en juin 2009). Par la suite, le protocole n'a plus évolué, l'enregistrement indique seulement la croissance naturelle du récif. C'est pourquoi l'Anovar et le test de Friedman sont réalisés sur les données

relevées depuis 2009.

- De même, pour les **invertébrés** : au fur et à mesure des missions le protocole d'échantillonnage des biocénoses benthiques a été amélioré :
  En octobre 2008 avec l'inventaire supplémentaire des actiniaires et des bryozoaires (espèces principales) et des ascidies (quasi exhaustif) ;
  En septembre 2011 avec l'inventaire quasi exhaustif des mollusques (gastéropodes, bivalves et nudibranches) et des ophiures (présence/absence). Le protocole d'échantillonnage est inchangé depuis le suivi d'octobre 2011.
  Les analyses statistiques sont réalisées sur les données relevées depuis 2009.
- A contrario, le protocole n'a jamais évolué pour les **macrophytes** : les valeurs des biodiversités α des macrophytes sont donc comparables entre toutes les missions (depuis 2007).

6.2.1.1 Pour les coraux scléractiniaires, depuis la dernière mission

L'étude des coraux (diversité et abondance) n'est pas demandée dans le cahier des charges mais cette source d'information est capitale pour l'évaluation de la vulnérabilité et de l'évolution de l'état de santé des récifs.

D'octobre 2012 à avril 2013, la courbe de richesse spécifique corallienne évolue à la baisse pour de nombreuses stations suite à l'évènement dépressionnaire Fréda du début d'année 2013. Les perturbations ne sont pas enregistrées de la même manière entre les trois sites Prony, Woodin et Havannah.

Les stations de la baie de Prony ont une richesse spécifique corallienne qui évolue principalement selon les épisodes sédimentaire. En effet la majorité des transects sont implantées plus en profondeur et ils sont influencés principalement par la sédimentation lors de précipitation importante. En effet en cas de fortes précipitations, l'érosion des sols peu être agravés si les terrains sont dénudés. Les particules terrigènes sont alors charriées par les creeks et rivières dans la baie.
Les stations ST02 (Creek baie Nord) et ST03 (Port) ont de nombreuses colonies recouvertent par des dépôts sédimentaires.
L'hypothèse pourrait être que l'apport terrigène du Creek baie nord ait augmenté avec les activités minières en amont et que l'activité des bateaux au port remobilise les sédiments.
Mais en réalité toute la zone littorale peu profonde (0 à 3 m) de la baie de Prony a été perturbée par la dessalure des eaux de surface et les panaches turbides engendrés par le cyclone Fréda. Cependant, ces anomalies ne sont pas enregistrées car les transects de ce programme de suivi environnemental sont tous sous 5 m de profondeur. Il y a ici un problème dans le plan d'échantillonnage.
Concernant **le canal de la Havannah** et dans une moindre mesure **le canal Woodin**, les perturbations sont majoritairement d'ordre mécanique et les récifs les plus exposés aux agents hydrodynamiques enregistrent une baisse de diversité importante. Une remobilisation conséquente des débris coralliens peut également être observée. Les agents hydrodynamiques arrachent et cassent les colonies aux sommets des récifs, puis des couloirs d'effondrement de débris coralliens se constituent et ces derniers dévalent le long de la pente récifale.

Globalement :

- ⇨ **La chute de diversité corallienne concerne les stations ST04C, ST06, ST07, ST08, ST11C et ST12.** De plus, on peut également remarqué que **ST08** est très dégradée par les maladies coralliennes, le développement de turf algal et de cyanobactéries.
  La station où la richesse spécifique est la plus basse est encore le bas du récif frangeant dans le canal Woodin (ST04C) qui dénombre 18 espèces coralliennes en avril 2013.
- ⇨ **La hausse de diversité corallienne générale (mortalité + recrutement) concerne les stations les plus protégées des agents hydrodynamiques (ST02, ST03 et ST05) ou subissant régulièrement les contraintes mécaniques (ST09).** En effet, la station ST09 est tellement soumise au ressac, à la houle et aux courants de marée durant toute l'année que les espèces s'édifiant sur ce récif sont totalement adaptées aux perturbations d'évènements dépressionnaires.
  La station où la richesse spécifique est la plus élevée est encore le haut de l'éperon du récif frangeant de l'Ilot Kié (ST10A) qui dénombre 113 espèces coralliennes en avril 2013.

En conclusion, au niveau de la richesse spécifique corallienne globale par transect et depuis les fortes

dégradations des évènements dépressionnaires du début d'année 2011 et 2013 :

→ Les transects installés en baie de Prony n'enregistrent pas les perturbations induites par la dessalure des eaux de surface (problème du plan d'échantillonnage). Les dégradations les plus remarquables sont induites par les épisodes sédimentaires (ST02, ST03).

→ Les dégradations sont importantes pour les récifs exposés aux agents hydrodynamiques. Par contre, si les récifs sont régulièrement soumis au ressac, à la houle et aux courants de marée, les espèces sont adaptées et résistent mieux aux perturbations dépressionnaires (ST09).

→ Les récifs les moins exposés aux agents hydrodynamiques tendent à se régénérer au fur et à mesure des missions de suivi.

6.2.1.2 Pour les coraux scléractiniaires, depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des **coraux scléractiniaires** des différentes transects pour toutes les missions sont résumées dans le tableau 274.

Tableau n°274 : Richesse spécifique des coraux scléractiniaires pour tous les transects depuis 2007

Biodiv. α Coraux	04/13	10/12	03/12	10/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	73	72	53	52	52	52	41	38	34	15
ST01B	52	49	43	41	43	41	34	27	26	9
ST02A	97	91	84	83	79	81	77	77	54	38
ST02B	78	77	74	66	68	66	65	65	60	33
ST03A	54	60	49	47	46	44	38	37	34	19
ST03B	66	60	60	52	49	49	44	42	36	24
ST03C	68	65	65	56	54	51	48	47	35	21
ST04A	56	52	56	51	48	41	40	40	26	16
ST04B	61	59	52	47	43	40	36	32	24	8
ST04C	17	21	17	17	14	14	12	12	10	3
ST05A	77	69	64	57	57	59	59	50	38	25
ST05B	68	69	63	55	58	57	57	48	40	24
ST05C	37	36	45	42	42	41	41	41	30	19
ST06A	69	73	67	65	64	77	77	75	65	37
ST06B	77	82	84	74	66	65	65	59	54	23
ST06C	52	71	79	79	76	71	71	65	52	28
ST07A	53	55	50	50	50	53	51	46	45	17
ST07B	66	66	71	65	63	64	60	59	50	30
ST07C	39	48	39	40	41	40	39	45	40	20
ST08A	90	102	95	90	91	95	93	87	72	34
ST08B	30	43	47	48	49	54	53	51	40	22
ST09A	64	66	61	55	52	56	54	49	37	22
ST09B	77	66	60	57	52	51	50	45	39	22
ST09C	61	53	50	48	41	41	41	33	28	17
ST10A	104	104	103	97	93	100	97	84	78	50
ST10B	90	92	94	90	90	93	92	76	67	52
ST10C	59	58	56	53	55	56	56	53	47	25
ST11A	84	84	83	77	74	77	74	60	49	28
ST11B	92	90	92	90	88	88	88	75	66	35
ST11C	40	44	54	57	53	53	53	49	40	18
ST12A	93	95	91	89	87	85	78	59	*84.6*	*84.6*
ST12B	75	81	73	68	67	68	65	50	*68.4*	*68.4*

6.2.1.2.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α (depuis 2009) des coraux scléractiniaires est donnée tableau 275.

L'analyse des variances de la richesse spécifique des coraux scléractiniaires pour les 8 dernières campagnes montre une similarité pour une valeur de F à 97.5%.

Tableau n°275 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des coraux scléractiniaires depuis 2009

k1=p-1	7	**F obs.**	**2.14**
K2=n-p	248	**F95%**	2.05
		F97.5	**2.71**

Tableau n°276 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique (RSp.) des coraux scléractiniaires pour tous les transects depuis 2009

	04/13	**10/12**	**03/12**	**10/11**	**03/11**	**09/10**	**03/10**	**06/09**
RSp. moyenne	66,22	67,28	64,81	61,19	59,53	60,09	57,78	52,38
Ecart type	20,31	19,41	19,32	18,32	18,12	19,46	19,76	17,06
Intervalle de confiance (IC:0,95)	7,04	6,73	6,70	6,35	6,28	6,74	6,85	5,91
Coefficient de Variation	0,31	0,29	0,30	0,30	0,30	0,32	0,34	0,33
n	32	32	32	32	32	32	32	32

L'ANOVAR accrédite l'hypothèse d'identité Ho. Les 8 dernières séries ont des variances similaires depuis 2009.

Cependant, malgré les intervalles de confiance importants, les récifs coralliens ont tendance à se diversifier dans le temps. Les petites baisses de diversité en mars 2011 et avril 2013 sont corrélées aux dépressions Vania- Zelia et Fréda qui se sont déroulées respectivement en début d'année 2011 et 2013. Suite aux évènements dépressionnaire de mars 2011, on constate une stabilité, le récif se régénère progressivement (septembre 2011, mars 2012 et octobre 2012). L'intervalle de confiance reste important.

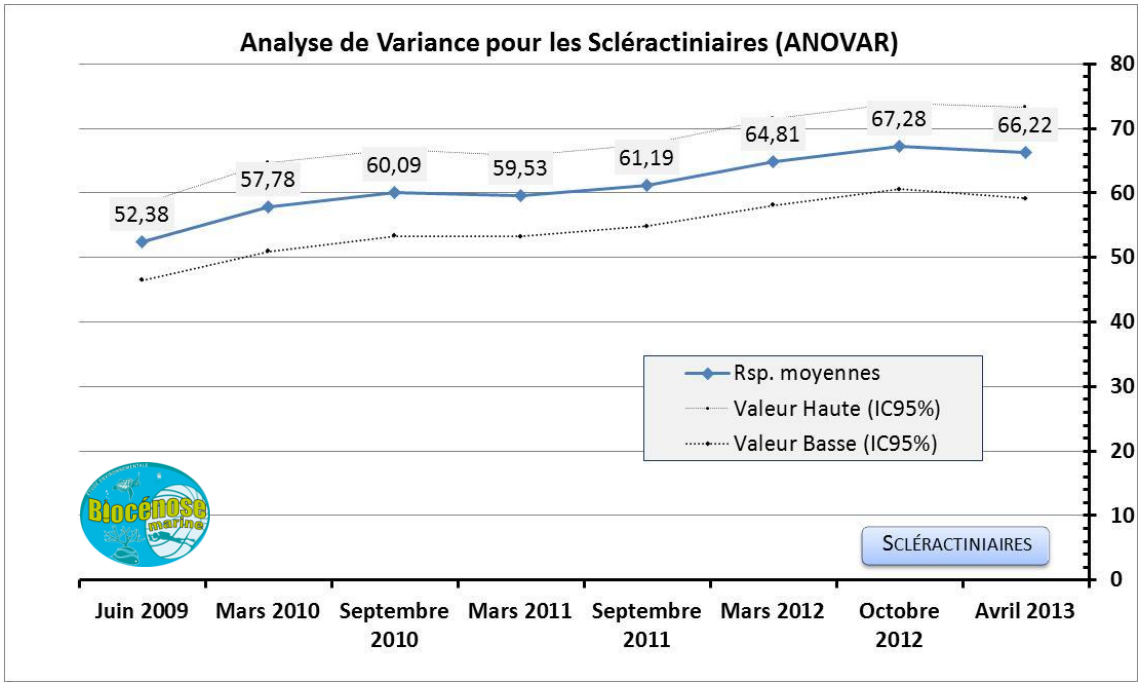


Figure n°177 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des coraux scléractiniaires depuis 2009
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

6.2.1.2.2 Analyse par le test de Friedman

Malgré la similarité de la série de données de diversité entre 2009 et 2013, il est intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps (analyse en colonne) et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement (tableau 277). Pour répondre à cette question on considèrera le tableau 274 en classant les valeurs en ligne (de 1 à 8).

Tableau n°277 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des coraux scléractiniaires depuis 2009

KHI 2 obs.	**89.8**			
Ddl = 7	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	**14,067**	**16,013**	**18,475**	**20,278**

L'Ho d'identité des colonnes n'est pas vérifiée. Le rejet est total et le test de Friedman permet de classer les missions les unes par rapport aux autres.

La diversité corallienne montre des évolutions dans le temps et il se trouve que ce classement général est presque chronologique depuis 2009 (sauf mars 2011 et avril 2013 où des évènements dépressionnaires ont eu lieux).
La croissance apparente de 2009 à 2013 est donc bien réelle avec les perturbations enregistrées d'ordre cyclonique en 2011 et 2013.

De plus, si l'on regarde le classement pour chaque transect :

En baie de Prony, on remarque que les cyclones ont peu de conséquences sur le classement des missions. Hors la dessalure des eaux de surface a énormément d'impact sur les récifs et la composition des communautés benthiques à faible profondeur en baie de Prony, seulement les transects étudiés ne sont pas installés dans les zones sous influence de la dessalure des eaux de surface. **Il faut faire très attention aux résultats statistiques et tenir également compte des descriptions écologiques des pourtours des stations.**

Par contre, **dans le canal de la Havannah,** les perturbations sont très bien enregistrées et l'on constate que les transects les plus exposées aux agents hydrodynamiques marquent les plus grandes ruptures de diversité lors d'évènements dépressionnaires (ST06A&B, ST07A&B&C, ST08A&B, ST10B, ST11C et ST12A). Les dégradations sont d'ordre mécanique et de nombreux débris coralliens dévalent les pentes récifales.
D'autre part, il apparait également que les niveaux bathymétriques inférieurs (transects B&C) des stations du canal de la Havannah sont perturbés lors d'une deuxième phase (les débris dévalent par gravité, les pentes récifales au fur et à mesure du temps).
Les stations ST09 et ST11 sont également très exposées aux agents hydrodynamiques mais durant toute l'année. De ce fait, les communautés coralliennes sont totalement adaptées à des conditions hydrodynamiques intenses. Et c'est pourquoi des évènements cycloniques y induisent moins de perturbations que pour les autres stations du canal de la Havannah.
Le transect ST08B enregistre une baisse de diversité constante depuis septembre 2011, mais les perturbations sont induites principalement par des maladies (bande blanche et croissance anormale) et par un développement important de cyanobactéries et de turf algal.

Tableau n°278 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des coraux scléractiniaires depuis 2009

Rangs Coraux	04/2013*	10/2012	03/2012	10/2011	03/2011*	09/2010	03/2010	06/2009
ST01A	7,5	7,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1,5	1,5
ST01B	7,5	7,5	4,5	4,5	4,5	4,5	2	1
ST02A	8	7	6	5	2	4	2	2
ST02B	8	6,5	6,5	3	3	3	3	3
ST03A	7	8	6	4	4	4	1,5	1,5
ST03B	8	6,5	6,5	5	3,5	3,5	2	1
ST03C	7	7	7	4,5	4,5	3	1,5	1,5
ST04A	7,5	6	7,5	4,5	4,5	2	2	2
ST04B	8	7	6	5	3,5	3,5	2	1
ST04C	6	8	6	6	2,5	2,5	2,5	2,5

ST05A	8	7	6	2,5	2,5	4,5	4,5	1
ST05B	7,5	7,5	6	3,5	3,5	3,5	3,5	1
ST05C	1,5	1,5	8	5	5	5	5	5
ST06A	4	5	3	1,5	1,5	7	7	7
ST06B	6	7	8	5	4	2,5	2,5	1
ST06C	1	4	7,5	7,5	6	4	4	2
ST07A	6,5	8	3,5	3,5	3,5	6,5	3,5	1
ST07B	5,5	5,5	8	5,5	3	5,5	1,5	1,5
ST07C	3,5	8	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7
ST08A	2,5	8	6,5	2,5	4	6,5	5	1
ST08B	1	2	3	4	5,5	8	7	5,5
ST09A	7	8	6	4	2	4	4	1
ST09B	8	7	6	5	3	3	3	1
ST09C	8	6	6	6	3	3	3	1
ST10A	7	7	7	3,5	2	5	3,5	1
ST10B	3	6	8	3	3	6	6	1
ST10C	7,5	7,5	4,5	1,5	4,5	4,5	4,5	1,5
ST11A	7	7	7	3,5	3,5	3,5	3,5	1
ST11B	7,5	5,5	7,5	5,5	3	3	3	1
ST11C	1	2	7	8	5	5	5	3
ST12A	5,5	8	5,5	5,5	5,5	3	2	1
ST12B	7	8	6	4	4	4	2	1
Somme des rangs (∑Rg)	190	206,5	194	139,5	117	135	106,5	63,5
Ordonnancement	6	8	7	5	3	4	2	1

6.2.1.3 Pour les invertébrés, depuis la dernière mission

La liste des invertébrés comprend les sous-groupes suivants : alcyonaires, spongiaires, mollusques, ascidies, échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides, ophiurides, synaptes), actiniaires, zoanthaires, hydrozoaires et bryozoaires. Elle **ne comprend pas évidemment les coraux durs** (cf. § précédents).
Par ailleurs, dans les données de richesses spécifiques, depuis octobre 2012 (compris), les décapodes et les crustacés ne sont plus pris en compte (impossibilité sur le terrain d'échantillonner tous ces organismes, donc leur biodiversité était obligatoirement largement sous-estimée). Les moyennes pour les années précédentes ont été reprises aussi de fait (cf. tableau 279).

Les courbes de la richesse spécifique des invertébrés gardent une tendance générale dans le temps. Cependant, les transects enregistrent des fluctuations de diversité au sein de chaque groupe et à travers les missions.

En avril 2013, la courbe de diversité générale des invertébrés montre de grandes évolutions, les organismes les plus fragiles ont été arrachés de leur substrat pour les stations les plus exposés aux agents hydrodynamique du canal de la Havannah, puis les organismes mobiles ont colonisé les parties récifales fraichement perturbés à la recherche de nourritures.
Une augmentation importante de diversité d'invertébrés est constatée pour les transects ST07A&B, ST09A&B, ST10B et dans une moindre mesure ST02A et ST04B. Et au contraire, les transects ST08B et ST11A enregistrent une diminution de diversité. Les groupes concernés par ces changements de diversité sont principalement les espèces mobiles (gastéropodes, astéries, échinides et quelques holothuries).

Les organismes mobiles (mollusques, astéries, holothuries, échinides, ophiures et crinoïdes) sont constamment en train de se déplacer à la recherche de nourriture. D'autre part, si des évènements exceptionnels les perturbent, ils ont la possibilité de se déplacer dans un milieu plus calme (variation des niveaux bathymétriques).
Pour illustrer cette mobilité et le phénomène d'arrachement par les agents dynamiques, nous pouvons également nous intéresser à la courbe de mars 2011 (suite aux dépressions Vania et Zelia ainsi que le phénomène la Niña). Cette courbe suit les tendances des autres années dans la baie de Prony et le canal Woodin mais les récifs les plus exposés du canal de la Havannah montrent une forte baisse de diversité (ST06A, ST07A, ST09A, ST11A et ST12A). Ces récifs ont été fortement affaiblis durant les évènements cycloniques du début d'année 2011 car les organismes ont été arrachés par les agents hydrodynamiques soutenus.

Les courbes de richesse spécifique des invertébrés sont également un indicateurs pour évaluer l'état de santé des récifs mais les informations sont beaucoup moins précisent que celles données par les coraux. En effet, les variations de mobilités des invertébrés (hors coraux durs) sont très importantes et accentuent le signal en cas de perturbations d'origine anthropique ou naturelle. D'autre part, il faut généralement que les perturbations soient majeures pour que le signal soit perceptible.
On remarque également que suite à des perturbations d'une grande ampleur, le récif ne met pas très longtemps à se stabiliser et se régénérer pour les invertébrés. En effet suite à un évènement d'une ampleur exceptionnelle telle qu'une dépression ou cyclone, les inventaires spécifiques montrent que la recolonisation se fait dans le semestre suivant (périodicité semestrielle des missions de suivi biologique).
Cependant, l'étude des invertébrés donne des notions de vulnérabilité de chaque zone par l'approche de la biodiversité et elle affirme généralement les observations réalisées sur les coraux.

6.2.1.4 Pour les invertébrés, depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des invertébrés selon les différentes transects pour toutes les missions sont résumées dans le tableau 279.

Tableau n°279 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2007

Biodiversité α Invertébrés	04/13	10/12	03/12	10/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	39	42	32	27	24	23	23	21	17	16
ST01B	29	33	28	23	18	17	18	17	15	15
ST02A	33	27	25	21	20	15	17	18	15	13
ST02B	26	30	26	24	19	17	19	20	16	15
ST03A	25	32	20	20	16	17	15	17	15	8
ST03B	26	26	22	15	9	7	5	8	8	5
ST03C	18	30	23	19	17	15	13	12	13	8
ST04A	20	23	22	23	17	19	18	19	16	17
ST04B	36	33	29	27	21	22	21	22	23	17
ST04C	19	21	25	27	25	22	20	19	14	11
ST05A	28	29	25	23	15	17	16	12	14	13
ST05B	31	35	31	32	24	23	24	27	19	19
ST05C	21	20	21	22	22	20	21	21	22	13
ST06A	19	16	20	20	7	11	15	15	15	10
ST06B	36	34	27	29	16	14	17	15	16	12
ST06C	27	26	25	25	13	14	16	16	15	11
ST07A	26	14	17	14	8	17	17	14	16	15
ST07B	32	26	28	28	21	20	20	24	18	13
ST07C	25	19	26	29	19	19	21	22	20	10
ST08A	35	50	39	34	23	24	26	25	27	12
ST08B	24	30	33	30	24	24	27	24	26	16
ST09A	40	35	33	32	21	23	27	28	23	14
ST09B	64	50	45	39	26	27	27	26	28	15
ST09C	46	45	38	37	25	26	27	31	23	12

ST10A	21	31	31	25	20	19	19	17	15	11
ST10B	42	36	35	31	25	26	26	23	16	15
ST10C	36	31	36	34	26	28	27	22	20	19
ST11A	27	30	43	44	18	15	19	18	20	16
ST11B	47	39	47	41	23	21	25	25	23	21
ST11C	36	32	37	36	25	26	26	25	21	13
ST12A	37	38	30	20	14	19	19	15	*24*	*24*
ST12B	37	36	22	23	21	18	19	19	*24.4*	*24.4*

6.2.1.4.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α (depuis 2009) des invertébrés est donnée tableau 280.

Tableau n°280 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2009

k1=p-1	7	**F obs.**	**20.26**
K2=n-p	248	**F95%**	2.05
		F99%	2.71

L'analyse des variances de la richesse spécifique des invertébrés pour les 8 dernières campagnes ne montre pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%.

Tableau n°281 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2009

	04/13	**10/12**	**03/12**	**10/11**	**03/11**	**09/10**	**03/10**	**06/09**
Richesse spécifique moyenne	31,50	31,22	29,41	27,31	19,44	19,53	20,31	19,91
Ecart type	9,90	8,60	7,60	7,31	5,21	4,86	5,08	5,20
Intervalle de confiance (IC: 0,95)	3,50	3,04	2,69	2,58	1,80	1,68	1,79	1,84
Coefficient de Variation	0,31	0,28	0,26	0,27	0,27	0,25	0,25	0,26
n	32	32	32	32	32	32	32	32

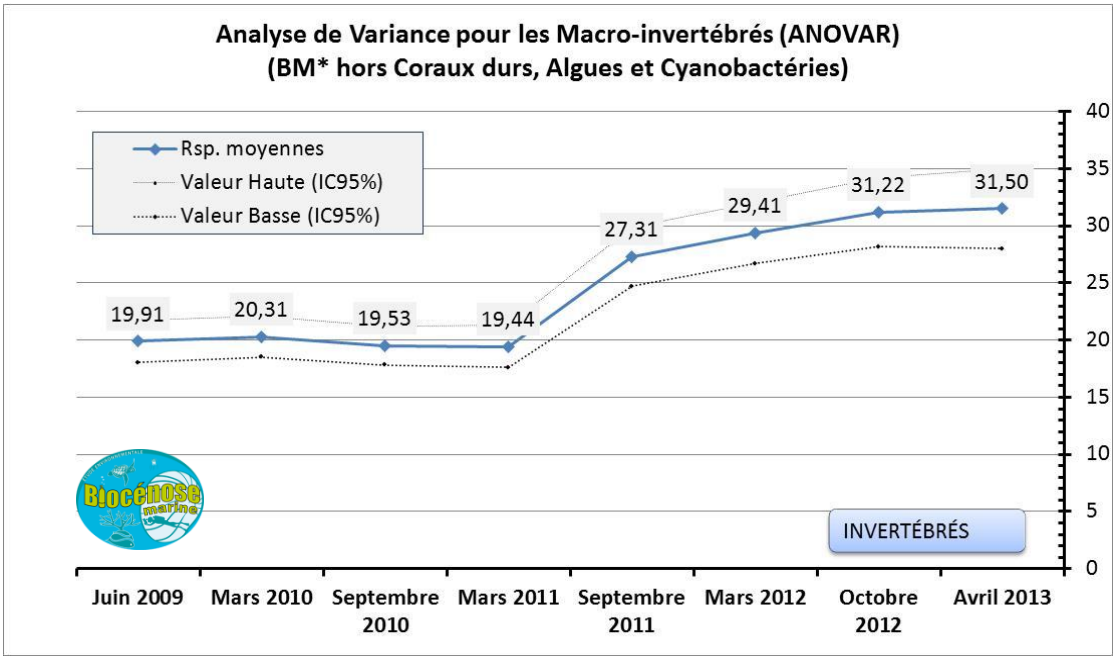


Figure n°178 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2009
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

L'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho. Les 8 dernières séries ont des variances différentes.
Malgré ces contrainte constate que :

- La richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) est stable entre juin 2009 et mars 2011, ce qui ne signifie pas qu'il n'y ait pas de permutations entre les espèces (grande mobilité).
- Puis la diversité augmente de manière très importante pour la mission de septembre 2011 car les invertébrés recolonisent les récifs suite aux évènements dépressionnaires du début d'année 2011. Mais il faut noter que cette augmentation est accentuée également par l'amélioration du protocole avec l'inventaire exhaustif des mollusques.
- Enfin, la diversité redevient stable avec toutefois un intervalle de confiance important entre septembre 2011 et avril 2013.

6.2.1.4.2 Analyse par le test de Friedman

Il devient alors intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement. Pour répondre à la première question on considèrera le tableau 282 en classant les valeurs en ligne (de 1 à 8).

Tableau n°282 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2009

KHI 2 obs.	**132.8**			
ddl= 7	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	**14,067**	**16,013**	**18,475**	**20,278**

Le rejet est total et le résultat s'accorde avec celui de l'ANOVAR. La diversité des invertébrés montre des évolutions dans le temps. Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres.

Ce classement général est quasi chronologique entre 2009 et 2013 :

- La diversité des invertébrés est très fluctuante car de nombreuses espèces sont mobiles et à la recherche constante de nourriture.
- Les invertébrés recolonisent les récifs suite aux évènements dépressionnaires du début d'année 2011.
- L'amélioration du protocole en septembre 2011 (inventaire quasi exhaustif des mollusques) fait passer les quatre dernières missions (septembre 2011, mars 2012, octobre 2012 et avril 2013) en biodiversité maximale.

Tableau n°283 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2009

Rangs Invertébrés	04/2013	10/2012	03/2012	10/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009
ST01A	7,5	7,5	6	5	3	3	3	1
ST01B	7	8	6	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST02A	8	7	6	5	4	1	2,5	2,5
ST02B	6	8	6	6	2,5	2,5	2,5	2,5
ST03A	7	8	5,5	5,5	1,5	3,5	1,5	3,5
ST03B	7	7	7	5	4	2	2	2
ST03C	5	8	7	6	3,5	3,5	2	1
ST04A	4	7	7	7	1,5	4	1,5	4
ST04B	8	7	6	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST04C	2,5	2,5	7	7	7	5	2,5	2,5
ST05A	7,5	7,5	6	5	2,5	4	2,5	1
ST05B	5,5	8	5,5	7	3	1	3	3
ST05C	4,5	1,5	4,5	7,5	7,5	1,5	4,5	4,5
ST06A	6	5	7,5	7,5	1	2	3,5	3,5

ST06B	8	7	5	6	2,5	2,5	2,5	2,5
ST06C	6,5	6,5	6,5	6,5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST07A	8	4,5	4,5	4,5	1	4,5	4,5	4,5
ST07B	8	6	6	6	3	1,5	1,5	4
ST07C	6,5	2,5	6,5	8	2,5	2,5	2,5	5
ST08A	6	8	6	6	2,5	2,5	2,5	2,5
ST08B	2,5	6,5	8	6,5	2,5	2,5	5	2,5
ST09A	8	6,5	6,5	5	1	2	3	4
ST09B	8	7	6	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST09C	7,5	7,5	5,5	5,5	1	2,5	2,5	4
ST10A	5	7,5	7,5	6	2,5	2,5	2,5	2,5
ST10B	8	7	6	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST10C	7,5	5	7,5	6	2,5	4	2,5	1
ST11A	5,5	5,5	7,5	7,5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST11B	7,5	5	7,5	6	2,5	2,5	2,5	2,5
ST11C	7	5	7	7	2,5	2,5	2,5	2,5
ST12A	7,5	7,5	6	3	3	3	3	3
ST12B	7,5	7,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Somme des rangs (∑Rg)	210	204	200	186,5	88,5	86,5	86,5	90
Ordonnancement	8	7	6	5	3	1,5	1,5	4

6.2.1.5 Pour les macrophytes, généralités

La richesse spécifique et l'abondance des algues sont très variables dans l'année et dans le temps et dépendent : 1) du cycle de développement des espèces ; 2) des variations des paramètres environnementaux (saisonnalité) ; 3) du degré d'exposition des récifs par rapport aux agents hydrodynamiques, ainsi que 4) des facteurs environnementaux exceptionnels tels que les évènements dépressionnaires et les phénomènes climatiques.

De manière générale, **la biodiversité** est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds. Cela s'expliquant entre autre par la baisse de la pénétration de la lumière dans l'eau par rapport à la profondeur. Les niveaux supérieur et médian sont généralement très similaires selon chaque site et le recouvrement des macrophytes dépendra de leur degré d'exposition aux agents hydrodynamiques, de la sédimentation et de la dessalure des eaux de surface.
Certaines espèces vont être typiques pour un biotope considéré et selon la saisonnalité, elles vont plus ou moins dominer (l'hydrodynamisme et la température de l'eau vont influencer leur développement et/ou la sénescence).

L'abondance des macrophytes se répartie de la manière suivante :

- Les algues rouges sont très abondantes durant l'été austral (particulièrement *Asparagopsis* et *Trichogloea*) mais disparaissent quasiment durant la période hivernal.
- Les algues brunes sont plus pérennes mais augmentent d'abondance au début de l'été austral (septembre, octobre et novembre).
- Les algues vertes sont présentes toutes l'année avec cependant une majorité durant la période estivale.

La transition entre les saisons n'est pas toujours évidente à déterminer en Nouvelle-Calédonie car les saisons chaudes et fraiche *vs* les saisons humide et sèche se recoupent.

Le nombre d'espèces de macrophytes d'un milieu variera peu car il reste souvent quelques thalles, c'est plutôt leur abondance ou recouvrement qui va évoluer selon les saisons.

La périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes. Les missions semestrielles septembre/octobre et de mars/avril ne permettent pas d'appréhender les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement.
Un suivi des macrophytes sur une période trimestrielle serait plus adéquat pour identifier l'ensemble des variations et surtout les amplitudes maximales et minimales de diversité et d'abondance.

Cependant, ces relevés permettent d'appréhender dans le temps, si certains genres ou espèces deviennent envahissants ou invasifs par rapport au reste des communautés coralliennes.
Ainsi, le recouvrement des macrophytes est particulièrement important pour deux genres *Asparagopsis* et *Lobophora* (cf. § 5.4).

6.2.1.6 Pour les macrophytes, depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des **macrophytes** selon des différentes transects pour toutes les missions sont résumées dans le tableau 284.

Tableau n°284 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2007

Biodiversité α Macrophytes	04/13	10/12	03/12	10/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	5	9	7	8	7	7	6	7	8	6
ST01B	7	8	7	9	7	8	6	7	8	8
ST02A	6	8	5	5	5	5	5	7	7	7
ST02B	5	5	5	5	5	5	5	6	5	3
ST03A	8	10	8	7	6	8	8	9	5	4
ST03B	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4
ST03C	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4
ST04A	4	8	7	5	4	4	5	7	5	4
ST04B	4	5	4	3	3	3	3	4	5	4
ST04C	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
ST05A	6	8	6	4	4	5	5	5	5	4
ST05B	3	4	3	2	2	1	4	2	2	3
ST05C	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
ST06A	2	5	3	5	2	6	6	8	9	7
ST06B	4	8	5	7	4	7	5	7	9	6
ST06C	3	7	5	7	3	4	3	4	7	3
ST07A	1	3	4	3	2	4	7	6	5	4
ST07B	3	6	4	2	0	2	4	4	2	2
ST07C	2	4	3	4	0	0	0	1	4	1
ST08A	6	13	8	9	6	5	5	7	8	4
ST08B	4	8	6	10	4	4	4	5	7	2
ST09A	10	13	10	7	5	4	6	6	8	7
ST09B	15	16	13	9	8	9	9	6	11	8
ST09C	9	16	12	9	9	7	11	11	12	6
ST10A	7	10	7	8	6	7	7	8	4	3
ST10B	4	3	3	4	4	4	4	5	5	3
ST10C	1	1	1	2	2	1	1	3	4	1
ST11A	4	6	6	7	3	3	7	7	11	5
ST11B	8	9	9	8	6	6	5	4	4	4
ST11C	7	8	3	6	3	1	2	4	3	2
ST12A	3	7	4	3	4	4	3	7	*4,4*	*4,4*
ST12B	2	3	3	0	3	2	2	6	*2,6*	*2,6*

6.2.1.6.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α (depuis 2007) des macrophytes est donnée tableau 285.

Tableau n°285 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2007

k1=p-1	9	**F obs.**	**3.53**
K2=n-p	310	**F95%**	1.91
		F99%	2.46

L'analyse des variances de la richesse spécifique des macrophytes pour les 10 campagnes ne montre pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%.

Tableau n°286 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2007

	04/13	10/12	03/12	10/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
Richesse spécifique moyenne	4,84	7,00	5,44	5,31	4,06	4,34	4,72	5,47	5,69	4,06
Ecart type	3,05	3,85	2,91	2,74	2,17	2,34	2,37	2,23	2,77	1,94
Intervalle de confiance (IC : 0,95)	1,06	1,33	1,01	0,95	0,75	0,81	0,82	0,77	0,96	0,67
Coefficient de Variation	0,63	0,55	0,53	0,52	0,53	0,54	0,50	0,41	0,49	0,48
n	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32

L'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho. Les 10 séries ont des variances différentes.
Il y a des différences entre les missions, du point de vue quantitatif puisque les structures sont les mêmes. Le protocole n'ayant jamais évolué pour les macrophytes, se sont les variations saisonnières ou induites par une dépression qui peuvent être enregistrées.

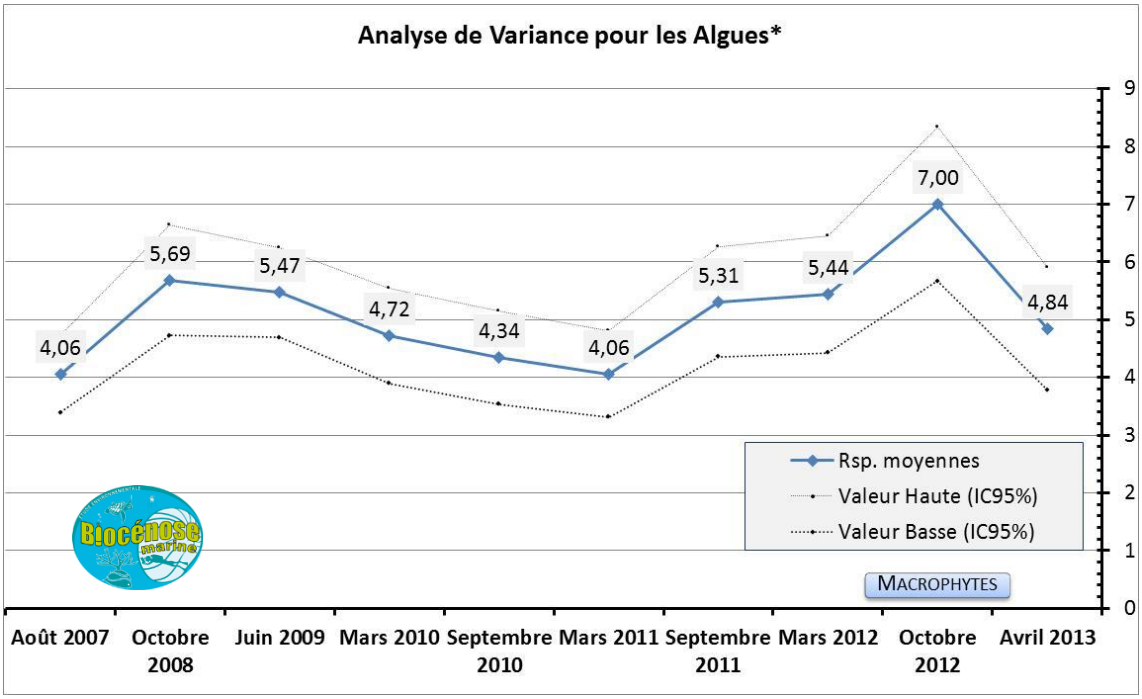


Figure n°179 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2007
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

6.2.1.6.2 Analyse par le test de Friedman

Il devient alors intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement. On considèrera le tableau 284 en classant les valeurs en ligne (de 1 à 8).

Tableau n°287 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2007

KHI 2 obs.	**45.9**			
ddl= 7	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	**16,919**	**19,023**	**21,666**	**23,589**

L'Ho d'identité de colonnes n'est pas vérifiée. Le rejet n'est pas aussi important que pour les invertébrés mais ce test montre que des variations de biodiversité existent entre les missions. La diversité des macrophytes montre des évolutions dans le temps.

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres et il apparait que ces résultats confirment que :

- Les valeurs de biodiversité les plus faibles sont en août 2007 et septembre 2010 (saison fraiche et sèche) et mars 2010, 2011 et 2013 (saison humide et fin de saison chaude).
- La valeur la plus basse de diversité coïncide avec les phases dépressionnaires (mars 2011 et avril 2013).
- Les valeurs de biodiversité sont les plus fortes en octobre 2008 et particulièrement en octobre 2012 (début de saison chaude) pour le développement des algues rouges.

Tableau n°288 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2007

Rangs Macrophytes	**04/2013**	**10/2012**	**03/2012**	**10/2011**	**03/2011**	**09/2010**	**03/2010**	**06/2009**	**10/2008**	**08/2007**
ST01A	1	10	5,5	8,5	5,5	5,5	2,5	5,5	8,5	2,5
ST01B	3,5	7,5	3,5	10	3,5	7,5	1	3,5	7,5	7,5
ST02A	6	10	3	3	3	3	3	8	8	8
ST02B	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10	5,5	1
ST03A	6	10	6	6	3	6	6	9	1,5	1,5
ST03B	9	9	9	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2
ST03C	2,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	2,5	2,5	2,5
ST04A	2,5	10	8,5	6	2,5	2,5	6	8,5	6	2,5
ST04B	6,5	9,5	6,5	2,5	2,5	2,5	2,5	6,5	9,5	6,5
ST04C	4	4	4	4	4	4	4	9	9	9
ST05A	8,5	10	8,5	2	2	5,5	5,5	5,5	5,5	2
ST05B	7	9,5	7	3,5	3,5	1	9,5	3,5	3,5	7
ST05C	2,5	2,5	2,5	2,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
ST06A	2	5,5	2	5,5	2	5,5	5,5	9	10	8
ST06B	2,5	9	2,5	7	2,5	7	2,5	7	10	5
ST06C	2,5	9	6	9	2,5	6	2,5	6	9	2,5
ST07A	1,5	3,5	6	3,5	1,5	6	10	9	8	6
ST07B	6	10	8	3,5	1	3,5	8	8	3,5	3,5
ST07C	6	9	7	9	2	2	2	4,5	9	4,5
ST08A	4,5	10	8	8	4,5	2	2	6	8	2
ST08B	3,5	9	7	10	3,5	3,5	3,5	6	8	1
ST09A	8,5	10	8,5	6	1,5	1,5	3,5	3,5	6	6
ST09B	9	10	8	5	2,5	5	5	1	7	2,5
ST09C	4	10	7,5	4	4	1,5	7,5	7,5	7,5	1,5
ST10A	6	10	6	6	6	6	6	6	1,5	1,5
ST10B	6	2	2	6	6	6	6	9,5	9,5	2

ST10C	3,5	3,5	3,5	7,5	7,5	3,5	3,5	9	10	3,5
ST11A	3	5,5	5,5	8	1,5	1,5	8	8	10	4
ST11B	8,5	8,5	8,5	8,5	5,5	5,5	4	2	2	2
ST11C	8,5	10	5,5	8,5	5,5	2	2	5,5	5,5	2
ST12A	2	9,5	6	2	6	6	2	9,5	6	6
ST12B	3	7	7	1	7	3	3	10	7	7
Somme des rangs (∑Rg)	155	256	191,5	184,5	128	140,5	152,5	208	214	130
Ordonnancement	5	10	7	6	1	3	4	8	9	2

6.2.2 Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude

Après avoir réalisé l'étude de la richesse spécifique globale pour chaque transect il est intéressant d'étudier plus précisément le fonctionnement de stabilisation et de régénération des récifs. Ainsi, le nombre d'espèce (occurrence) concernées par :

- **le recrutement,**
- **la mortalité,**
- **le blanchissement** a été comptabilisé.

Les indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude : les taux d'abondance, mortalité, recrutement et blanchissement sont donnés dans la figure 182.

6.2.2.1 Le recrutement corallien

Le recrutement corallien est estimé à deux niveaux.

- Les nouvelles espèces dans le couloir

Les transects présentant des nouvelles espèces coralliennes sont situés majoritairement dans les stations protégées (ST01, ST02, STt03B&C, ST04A et ST05A) et dans les stations du canal de la Havannah soumises durant toute l'année aux agents hydrodynamiques intenses (ST09B&C et ST11B). Ces dernières stations présentent des assemblages coralliens de morphologie robuste.

- Le recrutement de colonies d'espèces déjà présentes

C'est l'augmentation de l'abondance d'une espèce. Le recrutement corallien caractérise l'état de santé des récifs. Les colonies juvéniles (taille inférieur à 5 cm) assurent le maintien des populations à l'échelle décennale (capacité de recolonisation et de résilience).
L'augmentation de l'abondance « recrutement de colonies » est interprétée comme étant du recrutement mais les espèces ont déjà été recensées lors du dernier inventaire.
Ces variations positives sont réparties de la même manière que pour les nouvelles espèces recensées et concernent également les transects situés dans les stations protégées (ST01, ST02, ST03C) et dans les stations du canal de la Havannah soumises très régulièrement aux agents hydrodynamique (ST09 et ST11A&B).
On peut noter que les transects (ST01A&B, ST09 et ST11B) ont une augmentation d'abondance importante (> 8 espèces).

6.2.2.2 La mortalité des coraux

La mortalité des coraux est estimée à deux niveaux.

- La mortalité totale des colonies d'une espèce

Lorsque cette catégorie varie c'est l'intégralité des colonies d'une espèce qui disparait du couloir, généralement les espèces concernées sont en faible abondance.

La mortalité corallienne des récifs de la baie de Prony est modérée et induite principalement par la sédimentation entrainant le développement de cyanobactérie.
La mortalité corallienne des récifs du canal de la Havannah et Woodin est particulièrement élevée et

induite par l'effondrement et accumulation des débris coralliens.

- 5 ≤ M ≤ 9 espèces : ST01A, ST02B, ST03A&B, ST04C, ST05B, ST06A&B, ST09A, ST10C et ST12B
- 10 ≤ M ≤ 23 espèces : ST06C, ST07C, ST08A&B et ST11C

Les couloirs les plus dégradés sont dans le dans le canal de la Havannah. Des effondrements de débris ont lieux lors des évènements dépressionnaires sur l'ensemble de la pente récifale puis au fur et à mesure ces débris sont remobilisés par la houle et le ressac pour s'accumuler progressivement en bas de pente (deuxième phase de dégradation plus longue dans le temps).
La station ST08 (Puka) est très dégradée par le développement de cyanobactéries, de turf algal. De plus, de nombreuses colonies montrent les signes distinctifs de maladies (bandes blanches et anomalies de croissance).

- La diminution d'abondance d'une espèce

La diminution de l'abondance « mortalité de colonies » est interprétée comme étant de la mortalité au sein d'une espèce mais il reste toujours une ou plusieurs colonies dans le couloir.

Les couloirs les plus représentatifs de cette catégorie sont situés en ST12A&B avec respectivement 16 et 21 espèces en diminution d'abondance. Puis dans une moindre mesure (7 ≤ DA ≤ 10 : ST02B, ST03C, ST04B, ST05A, ST06B&C, ST08A, ST09B, ST10A, ST11C.
A noter que le transect ST10A présentait lors de la mission d'octobre un spécimen d'*Acanthaster planci* (corallivore) qui a laissé quelques colonies mortes en place sur son passage.

6.2.2.3 Le blanchissement des coraux

Le nombre d'espèces influencées par le blanchissement corallien donne des indications de l'état de santé et de l'affaiblissement des récifs sur le court terme car cet état est transitoire et ne peut pas durer plus de deux ou trois mois sur la même colonie. Soit la colonie réintègre des zooxanthelles soit elle meurt puis est recouverte par du gazon algal ou des cyanobactéries.
Les colonies blanchies ne sont pas vouées à mourir car la résilience de nombreuses espèces est importante. Elles peuvent réintégrées rapidement des zooxanthelles si les conditions environnementales redeviennent « normales ». Des espèces sont également plus résistantes que d'autres et auront également une résilience plus rapide. Cependant, les espèces subissant un stress durant une période de temps relativement longue ont généralement peu de chance de survie.

En avril 2013, les constatations montrent que les récifs ont subies à nouveau de nombreuses séquelles suite à l'évènement dépressionnaire Fréda du début d'année 2013. **Le blanchissement corallien concerne de nombreuses espèces mais le recouvrement observé sur les transects du réseau de suivi est relativement faible et concerne des colonies isolées**.

Dans le canal de la Havannah, et dans une moindre mesure le canal Woodin, les espèces concernées par le blanchissement ont subies des perturbations d'ordre mécanique et ne sont pas totalement blanchies (arrachement des colonies, effondrement de débris coralliens…). Les transects présentant de nombreuses espèces blanchies sont : 13 ≤ B ≤ 21 : ST06A&C, ST07B, ST09B, ST10A&B, ST11A&B et ST12A et particulièrement 23 ≤ B ≤ 40 : ST06B, ST08A et ST12B.

Dans la baie de Prony, les observations réalisées sur les couloirs du réseau de suivi ne reflètent pas la réalité des perturbations occasionnées sur l'ensemble des récifs. En effet, les espèces concernées par le blanchissement dans les couloirs du réseau de suivi ont subies des perturbations d'ordre sédimentaire (particulièrement ST02B avec 31 espèces blanchies). Les colonies perturbées ont été recouvertes par une fine couche de particules terrigène certainement charriées par le Creek baie nord.
Hors les perturbations sont beaucoup plus étendues en baie de Prony. Le cyclone Fréda a entrainé une grande anomalie négative de dessalure des eaux de surface en début d'année 2013. Ainsi l'ensemble des récifs littoraux compris dans les petites profondeurs (0 à 3 m) de la baie de Prony ont été gravement perturbés par le phénomène de blanchissement [07] mais ces données ne sont pas enregistrées par le réseau de suivi biologique (cetet étude) car les transects sont tous implantées sous 5 m de profondeur. Afin d'améliorer le réseau de suivi, il serait necessaire d'intégrer de nouvelles stations dans ces zones peu profondes sous

influence direct des évènements naturels et des activités anthropiques.

6.2.2.4 Les maladies coralliennes

Les maladies coralliennes (bande blanche et anomalies de croissance) ont été relevées dans les couloirs de prospection du macro benthos. Ainsi les récifs de la zone d'étude ne sont pas épargnés par ces stigmates.

Les récifs de la baie de Prony (ST01A, ST02A&B) **et du canal Woodin** (ST04B) présentent quelques colonies d'*Acropora* tabulaires affectées par la maladie de la bande blanche. Pour l'instant les proportions de colonies affectées sont faibles.

Les récifs du canal de la Havannah sont eux beaucoup plus affectés par ces maladies (ST06B, ST07B, ST08A&B, ST10A&B, ST11A&B&C et ST12A&B). Les espèces perturbées par la bande blanche sont également plus variées (*Acropora* tabulaire, *Seriatopora histrix*, *Pavona duerdeni*). Des anomalies de croissance ont aussi été observées *(Porites* et *Sarcophyton)*. Ces transects coïncident avec les niveaux dégradés régulièrement par les agents hydrodynamiques et le développement de cyanobactéries.
La station ST08A&B est particulièrement perturbée par la maladie de la bande blanche et les anomalies de croissance. Les espèces perturbées sont encore plus diversifiées *(Acropora* tabulaire, *Seriatopora histrix, Seriatopora calendrium, Acropora* branchu, *Stylophora pistillata* et *Porites)*. Depuis deux années, les colonies blanchissent puis meurent en place. Cette station présente une chute de la diversité et du recouvrement corallien induis entre autres par ce phénomène.

A ce jour, malgré la proximité de l'embouchure de l'émissaire de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie, il n'y a pas de lien de cause à effet décelé concernant les maladies coralliennes en constante augmentation pour la station de Puka (ST08). Des analyses complémentaires seraient nécessaires sur un gradient d'éloignement du diffusseur.

6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à octobre 2012

Les particularités de chaque station de suivi environnemental et les variations entre la mission d'avril 2013 et celle d'octobre 2012 sont présentées dans le tableau 291.

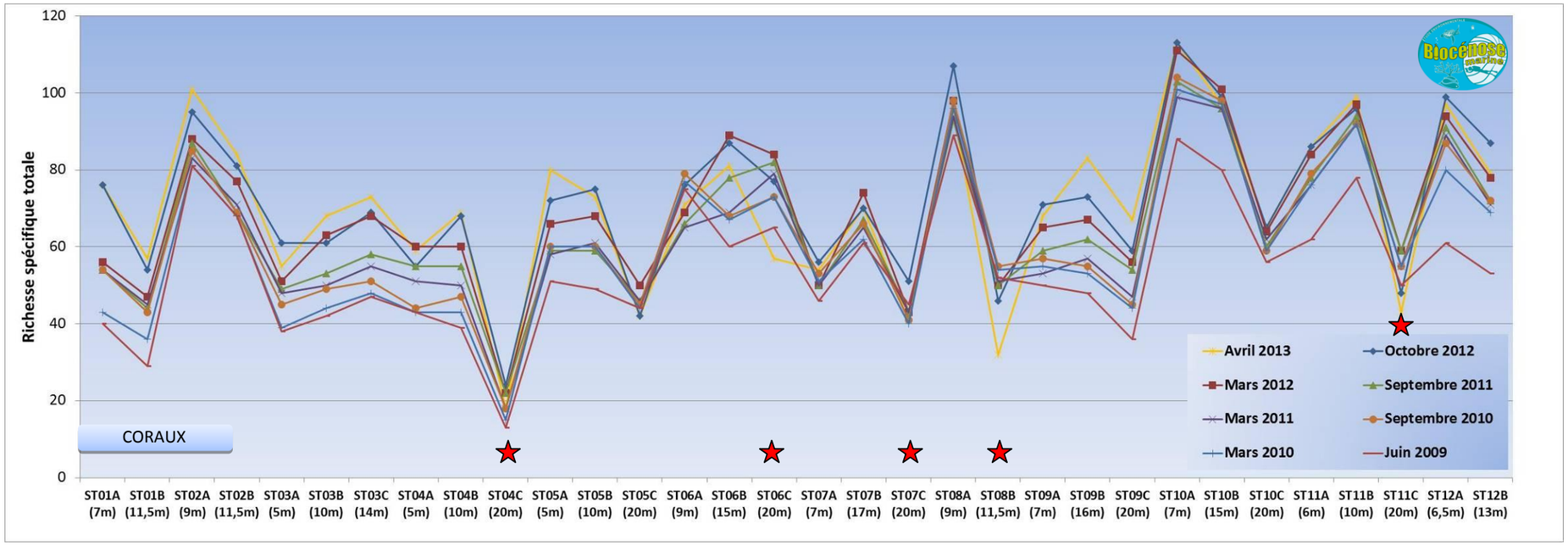


Figure n°180 : Comparaison des richesses spécifiques (coraux), par transect, depuis 2007

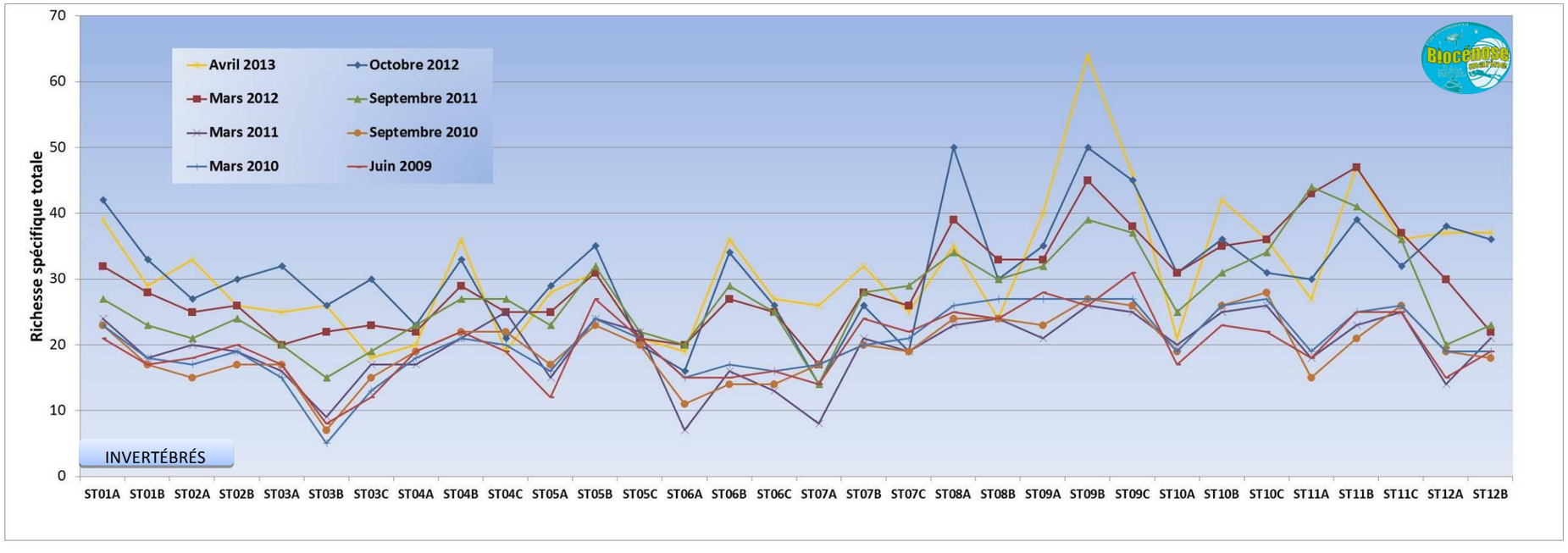


Figure n°181 : Comparaison des richesses spécifiques (biocénoses, hors coraux), par transect, depuis 2007

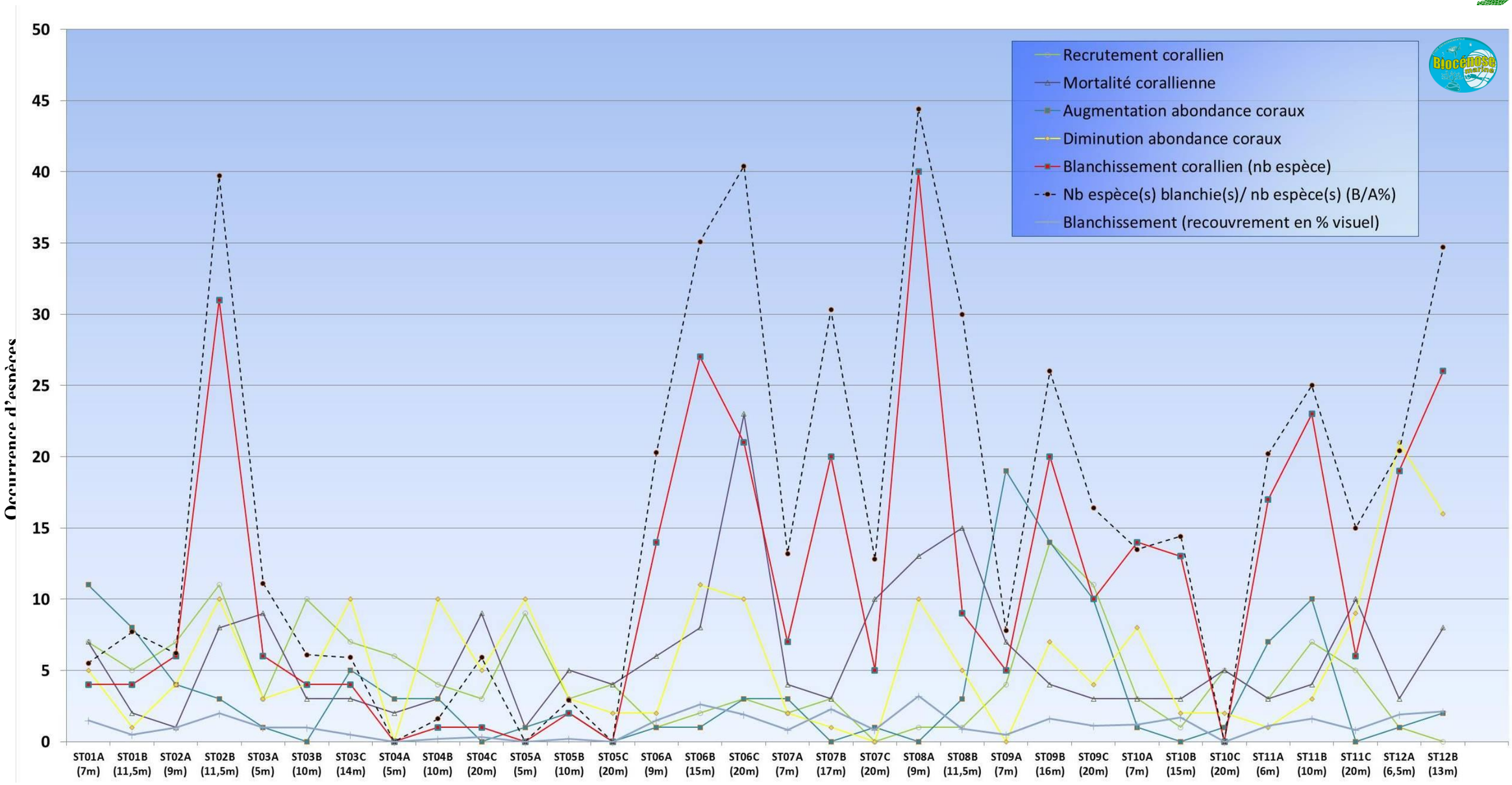


Figure n°182 : <u>Indicateurs de l'état de santé des coraux entre avril 2013 et octobre 2012</u>
(occurrence du nombre d'espèces concernées par le recrutement, la mortalité, l'augmentation et la diminution d'abondance et le blanchissement)

Tableau n°289 : Evolution du taux de recouvrement du substrat d'avril 2013 à octobre 2012 (différence en %)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST10			ST11			ST12	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Macrophytes et invertébrés	-3	-4	-1	-15	1,2	-1,5	2	2	-1,5	5	16,5	2	-0,5	0	-7	3	0	1,5	-1,5	-2	22,6	-1,5	4,5	0,5	-9	-3	-5,5	0,5	1	-1	1	4
Coraux sléractinaires	0	-2,5	0,5	-2	0	1,5	2,5	5	3	0	-10,5	-5,5	0	0	6	1	0	1,5	1	1,5	0,5	1,5	-5	-2,5	9	5,5	1	-0,5	-2	0	2,5	-3
Abiotique	3	6,5	0,5	17	-1,2	0	-4,5	-7	-1,5	-5	-6	3,5	0,5	0	1	-4	0	-3	0,5	0,5	-23,1	0	0,5	2	0	-2,5	4,5	0	1	1	-3,5	-1

Code couleur :

Le taux de recouvrement a augmenté en avril 2013 par rapport à octobre 2012

Le taux de recouvrement est équivalent (à +/-20%) entre avril 2013 et octobre 2012

Le taux de recouvrement a diminué en avril 2013 par rapport à octobre 2012

ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
Casy	B. Nord	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	Chambeyron	Puka	Bancs Kié	Ilot Kié	Toémo	Ugo

Tableau n°290 : Evolution de la richesse spécifique du benthos d'avril 2013 à octobre 2012 (gain/perte en taxa)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST10			ST11			ST12	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Macrophytes et invertébrés	-6	-4	4	-4	-10	1	-12	-7	2	-2	-3	-6	0	0	-1	-2	9	4	4	-22	-10	1	13	-6	-13	7	5	-5	7	3	-5	0
Macrophytes	*-4*	*-1*	*-2*	*0*	*-2*	*0*	*-1*	*-4*	*-1*	*0*	*-2*	*-1*	*0*	*-3*	*-4*	*-4*	*-2*	*-3*	*-2*	*-7*	*-4*	*-3*	*-1*	*-7*	*-3*	*1*	*0*	*-2*	*-1*	*-1*	*-4*	*-1*
Cyanobactéries	*1*	*1*	*0*	*0*	*-1*	*1*	*1*	*0*	*0*	*0*	*0*	*-1*	*-1*	*0*	*1*	*1*	*-1*	*1*	*0*	*0*	*0*	*-1*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Invertébrés	*-3*	*-4*	*6*	*-4*	*-7*	*0*	*-12*	*-3*	*3*	*-2*	*-1*	*-4*	*1*	*3*	*2*	*1*	*12*	*6*	*6*	*-15*	*-6*	*5*	*14*	*1*	*-10*	*6*	*5*	*-3*	*8*	*4*	*-1*	*1*
Coraux sléractinaires	1	3	6	1	-6	6	3	4	2	-4	8	-1	1	-4	-5	-19	-2	0	-9	-12	-13	-2	11	8	0	-2	1	0	2	-4	-2	-6
Autres coraux	-1	0	0	2	0	1	1	0	-1	-2	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-1	-1	-1	0	0	0	-1	0	1	-1	0	-2
Richesse taxonomique totale	-6	-1	10	-1	-16	8	-8	-3	3	-8	5	-8	0	-5	-7	-22	7	4	-6	-34	-24	-2	23	2	-13	5	5	-5	10	-2	-7	-8

Code couleur :

La richesse taxonomique a augmenté en avril 2013 par rapport à octobre 2012

La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt) entre avril 2013 et octobre 2012

La richesse taxonomique a diminué en avril 2013 par rapport à octobre 2012

Tableau n°291 : Particularités de chaque station et évolution entre avril 2013 et octobre 2012

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations entre la mission d'avril 2013 et d'octobre 2012
Baie de Prony	**ST01**	**Casy**	Recouvrement corallien faible Recouvrement important de l'algue brune du genre *Lobophora* (potentiellement envahissante) Etude de croissance de 7 colonies de *Pocillopora damicornis* colonisant les piquets du transect A Hyper sédimentation (la faune et flore sont adaptées à cette contrainte) Les colonies coralliennes sont de petites tailles (hyper sédimentation et turn over important) Recouvrement et richesse spécifique importants des alcyonaires et macrophytes (algues brunes) Abondance des algues brunes *Sargassum* spp. et *Lobophora* cf. *variegata* (selon les saisons) Compétition spatiale entre les alcyonaires, les éponges encroûtantes et les coraux Recouvrement important au transect A des éponges encroûtantes *(Cliona)*	**Le blanchissement corallien** affecte 5/77 espèces de scléractiniaires (6,5%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (1% de la surface totale observée) **Présence de la maladie de la bande blanche** sur des colonies d'*Acropora* tabulaires au transect A L'ensemble des colonies de *Pocillopora damicornis* s'édifiant sur les 3 piquets du transect A ont une croissance moyenne estimée à 2.5 cm / 6 mois (taux d'accroissement moyen 9.24%) **Recouvrement important de cyanobactéries au transect A.** Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place, les débris coralliens et les *Acropora* tabulaires Richesse spécifique des coraux reste équivalente Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes et nudibranches) entre les différentes missions Légère diminution d'abondance des ascidies (*Polycarpa aurita* et *P. nigricans*)
	ST02	**Creek baie Nord**	Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens Recouvrement alcyonaire important sur l'ensemble de la zone (*Sarcophyton*) Richesse spécifique importante des coraux (la plus importante de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony) (120 espèces coralliennes dont 114 espèces de scléractiniaires) Hyper sédimentation : les petites colonies corallienne ont tendance à s'envaser Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide et à la faible pénétration de la lumière dans l'eau par une croissance rapide, la sécrétion de mucus et/ou de grands polypes pour se dégager de la sédimentation Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues brunes et les coraux	Richesse spécifique des coraux a légèrement augmenté pour les deux transects A et B. Cependant, de nombreuses colonies ont été dégradées par la sédimentation (particulièrement en B) **Augmentation de la sédimentation. De nombreuses colonies coralliennes sont recouvertes par une fine couche de particules terrigènes** **Le blanchissement corallien** affecte 32/114 espèces de scléractiniaires (28.1%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (1.5% de la surface totale observée) **Présence de la maladie de la bande blanche** sur des colonies d'*Acropora* tabulaires, *Galaxea fascicularis* aux transects A&B **Absence de cyanobactérie sur l'ensemble de la station** L'algue brune *Lobophora variegata* reste stable (caractère envahissant potentiel) Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions **Absence de *Culcita novaeguineae*** Présence d'un spécimen de *Charonia tritonis* (toutoute) au transect B Légère augmentation de recouvrement des *Cliones* au transect B qui colonisent les substrats durs comme les coraux vivants
	ST03	**Port**	Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide Le turn over corallien est positif malgré les conditions turbide importante, les colonies juvénile remplacent progressivement les colonies envasées Présence en grand nombre d'espèces à longs polypes *Alveopora* spp., *Alveopora catalai*, *Goniopora* spp. et d'espèces à croissance rapide *Acropora* spp. à mi pente Le recouvrement en algues brunes (*Lobophora variegata*) est toujours aussi important Les alcyonaires (*Sarcophyton)* sont très nombreux La mortalité corallienne est induite par l'apport d'eau douce au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation en profondeur	**Contrairement à la mission précédente la richesse spécifique des coraux a diminué au transect A seulement** et légère augmentation aux transects B&C **Le blanchissement corallien affecte 7/95 espèces** de scléractiniaires (7.4%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (0.83% de la surface totale observée) Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions **Absence de *Culcita novaeguineae*** (alternance cyclique de cette étoile de mer en coussin prédatrice des coraux) **Recouvrement modéré des cyanobactéries sur les trois transects** et recouvrement en augmentation sur les B&C Légère augmentation de recouvrement des *Cliones* aux transects B&C qui colonisent les substrats durs comme les coraux vivants
Canal Woodin	**ST04**	**Canal Woodin**	Les nombreuses colonies de *Millepora, Seriatopora* et *Acropora* sont toujours en bonne santé au transect A Les colonies coralliennes de la famille des Pocilloporidae ont une croissance importante (*Seriatopora histrix* et *Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata)*	Richesse spécifique des coraux a augmenté légèrement aux transects A&B et diminue en C **Début d'un couloir d'effondrement au transect A (massifs d'*Acropora* branchus et déversement de particules terrigènes)**

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations entre la mission d'avril 2013 et d'octobre 2012
			↳ Présence en grand nombre de *Millepora* et *Tubastraea micrantha* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique ↳ La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur ↳ Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courants de marée) avec une turbidité soutenue ↳ **Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important)** ↳ Recouvrement important au transect B des éponges encroûtantes *(Cliona)* ↳ Les macrophytes ont une faible couverture ↳ Les crinoïdes sont nombreuses et installées sur les promontoires ou les colonies exposées aux courants	↳ **Mortalité et effondrement de quelques colonies de *Tubastraea micrantha* aux transects B&C** ↳ **Le blanchissement corallien affecte 2/78 espèces de scléractiniaires** (2.6%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (0.17% de la surface totale observée) ↳ Blanchissement corallien absent du transect A et faible pour en B&C ↳ **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaire au transect B ↳ L'abondance des crinoïdes est très importante sur l'ensemble de la station et particulièrement au transect C ↳ Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions ↳ Absence de cyanobactérie sur l'ensemble de la station ↳ Les alcyonaires sont devenu rare au transect C car seules deux colonies ont été répertoriées (*Sinularia et Nephthea* sp.)
Canal Havannah	**ST05**	**Ioro**	↳ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courants de marée) ↳ Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastraea micrantha* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora* et *Turbinaria reniformis* ↳ Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris ↳ Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens ↳ Présence selon les saisons d'*Acanthaster planci* (absence lors de cette mission)	↳ Richesse spécifique des coraux a augmenté légèrement au transect A et reste équivalente pour les autres transects (recrutement corallien) ↳ **Le blanchissement corallien affecte 2/99 espèces de scléractiniaires** (2%) et le recouvrement en espèces blanchies est faible (0.067% de la surface totale observée) ↳ Les alcyonaires sont dégradés, absents aux transects A&B et en diminution en C ↳ **Absence de cyanobactérie sur l'ensemble de la station** ↳ Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions ↳ Les macrophytes ont un recouvrement faible
	ST06	**Ionotea**	↳ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courants de marée) ↳ Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des communautés benthiques au transect A et accumulation de débris coralliens et de roches en B&C ↳ Présence en grandes colonies de *Porites* massifs à mi pente (transect B) ↳ Nombreux coraux tabulaires retournés sur l'ensemble de la station ↳ Mortalité corallienne et nombreux débris ↳ Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) se développent relativement bien et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants ↳ Lors de la mission de mars 2011 les communautés benthiques étaient dégradées sur l'ensemble de la station et plus particulièrement au transect A (cause : hydrodynamisme important d'une dépression) ↳ Fortes compétition spatiale entre les coraux, les alcyonaires et les spongiaires ↳ Les échinodermes et les gastéropodes apprécient les phases d'effondrement de nouveaux débris coralliens pour se nourrir	↳ Richesse spécifique des coraux a nettement diminué sur l'ensemble de la station (transects A&B) et principalement au C (nombreux débris coralliens) ↳ **Le blanchissement corallien affecte 39/104** espèces de scléractiniaires (37.5%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (2% de la surface totale observée) ↳ **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaires et *Seriatopora histrix*, *Pectinia lactuca* au transect B ↳ Saisonnalité des algues rouges *Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis* (diminution d'abondance très importante - caractère envahissant d'octobre à décembre) ↳ **Recouvrement important de cyanobactéries au transect B et particulièrement au C** ↳ Aucun spécimen *Drupella cornus* (mollusque corallivore) n'a été recensé sur des colonies coralliennes ↳ Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions ↳ Augmentation de recouvrement des *Cliones* aux transects B&C ↳ **Absence de spécimen d'*Acanthaster planci***

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations entre la mission d'avril 2013 et d'octobre 2012
	ST07	**Basse Chambeyron**	Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courants de marée) et taille relativement petite des colonies Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des communautés benthiques au transect A et accumulation de débris coralliens et de roches pour les autres transects B&C La station présente de nombreuses zones d'accumulation de débris et de coraux tabulaire retournés (conditions hydrodynamiques exceptionnelles). Couloir d'effondrement de part et d'autre des transects et en bas de pente récifale (mortalité corallienne importante) Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques Richesse spécifique et abondance des macrophytes qui varient selon les saisons Prédation potentielle (observations régulières) des mollusques (*Drupella cornus*) sur quelques coraux tabulaires au transect B Les crinoïdes également privilégient ce type de biotope balayé par les courants de marée Les échinodermes et les gastéropodes apprécient les phases d'effondrement de nouveaux débris coralliens pour se nourrir	Richesse spécifique des coraux a diminué sur l'ensemble de la station (mortalité localisée principalement au transect C) Quelques petites colonies s'édifient mais le recrutement corallien est difficile car de nombreux débris jonchent le substrat et ne sont pas stables Les algues rouges montrent des variations saisonnières importantes (*Asparagopsis* et *Trichogloea*) **Le blanchissement corallien affecte 22/86** espèces de scléractiniaires (25.6%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (1.3% de la surface totale observée) **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaires au transect B Présence rare de *Blastomussa wellsi* au transect B (espèce peu commune) **Recouvrement important des cyanobactéries** aux transects **B&C** Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions **Présence d'un spécimen de *Charonia tritonis* (toutoute)** au transect A **Compétition spatiale des *Cliones*** aux transects B&C qui colonisent les substrats durs comme les coraux vivants **Aucun spécimen de *Drupella cornus*** (mollusque corallivore) n'a été recensé sur des colonies coralliennes
	ST08	**Puka**	Richesse spécifique corallienne élevée au pied des éperons et au début de la pente sédimentaire Croissance de grandes colonies de *Porites lobata* (avec des tumeurs en expension) Présence de *Tubipora musica* au transect B Les spongiaires (*Cliona orientalis* et *Cliona jullienei*) sont relativement bien développées et colonisent les débris coralliens et les colonies coralliennes vivantes Dégradation importante depuis la mission de mars 2011 (tempête tropicale Vania). - Mortalité importante : coraux tabulaires retournés et nombreux débris coralliens - Maladies coralliennes en expension - Développement des spongiaires *(Cliona)* - Développement de turf algal et de cyanobactéries	**L'ensemble de la station est très dégradée :** - Richesse spécifique des coraux a nettement diminué sur l'ensemble de la station - Indicateurs de mauvais état de santé : débris coralliens, développement de turf algal, cyanobactéries et nombreuses colonies coralliennes affectées par des maladies coralliennes - Contrairement aux missions précédentes le nombre de colonies juvéniles a largement diminué **<u>Maladies coralliennes</u>** : sur l'ensemble de la station, quelques colonies de *Seriatopora calendrium*, *Acropora* branchu, *Stylophora pistillata* et surtout les colonies d'*Acropora* tabulaires de taille métrique, montrent les signes distinctifs de mauvaise santé (maladies de la bande blanche : elles blanchissent puis meurent en place depuis deux ans et ne sont pas recolonisées). De même pour la colonie de *Porites* avec des anomalies de croissance de plus en plus importantes **Le blanchissement corallien affecte 41/94 espèces** de scléractiniaires (43.6%) mais le recouvrement en espèces blanchies est faible (2.05% de la surface totale observée) **Saisonnalité des algues rouges** *Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis* (diminution d'abondance très importante - caractère envahissant d'octobre à décembre) **Développement de cyanobactéries sur les coraux morts en place** (particulièrement au transect A et dans une moindre mesure en B) **Développement de turf algal sur les colonies coralliennes dégradées.** Aucun spécimen de *Drupella cornus* (mollusque corallivore) n'a été recensé sur des colonies coralliennes

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations entre la mission d'avril 2013 et d'octobre 2012
	ST09	**Banc de Kié**	↳ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courants de marée) et taille relativement petite des colonies ↳ La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle ↳ La richesse spécifique des coraux est peu élevée ↳ Dominance des alcyonaires, macrophytes et ascidies sur le sommet du récif ↳ Les macrophytes ont un recouvrement et une richesse spécifique élevés ↳ Saisonnalité des algues rouges *(Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis)* ↳ La richesse spécifique des ascidies est élevée ↳ Les alcyonaires ont un recouvrement important (*Lobophytum)* et une richesse spécifique élevée ↳ Les crinoïdes affectionnent ce milieu balayé par les courants de marée	↳ **Le recrutement corallien est important sur toute la station** pour les espèces les plus robustes. Le récif est en cours de régénération avec un recrutement corallien important et une recolonisation des macrophytes, des échinodermes et mollusques ↳ Richesse spécifique des coraux a légèrement diminué sur le sommet de la station (transect A) tout en ayant une augmentation d'abondance pour les espèces les plus robustes ↳ Les transects plus en profondeur (B&C) présentent du recrutement corallien en augmentation et plus d'abondance ↳ Recolonisation progressive des coraux depuis les dégradations observées lors de la mission de mars 2011 ↳ **Le blanchissement corallien affecte 20/97 espèces** de scléractiniaires (20.6%) sur la station et le blanchissement visuel moyen est de 1.07% de la surface totale observée ↳ **Augmentation du recouvrement et de la diversité des macrophytes :** l'algue brune *Turbinaria ornata* se développent de manière très importante au transect A et le genre *Codium* s'éparpillent sur toute la station ↳ Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions ↳ Absence de cyanobactérie sur l'ensemble de la station ↳ **Compétition spatiale des *Cliones,*** ces éponges encroûtantes colonisent les substrats durs comme les coraux vivants ↳ Augmentation du recouvrement des alcyonaires
	ST10	**Ilot Kié**	↳ Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station lors des évènements dépressionnaires du début d'année 2011 ↳ La richesse spécifique des coraux du transect A est la plus importante parmi tous les transects étudiés dans le suivi biologique. ↳ La richesse spécifique et le recouvrement des coraux sont très élevés sur toute la station ↳ Présence rare de *Gardineroseris planulata* ↳ Abondance des genres coralliens *Acropora*, *Goniopora* et *Alveopora* ↳ Les crinoïdes sont abondants aux transects A et B ↳ Marques de nécroses sur les alcyonaires *Lobophytum* (prédation présumée de *Ovula ovum*) ↳ L'espèce *Alveopora* sp1 est très sensible aux variations de l'environnement : lors des missions de septembre/octobre plusieurs colonies se retrouvent blanchies pour tous les transects.	↳ **Le récif est en cours de régénération** avec la croissance des *Acropora* sur les débris coralliens au transect A, la diversité reste stable mais quelques espèces fragiles diminuent d'abondance ↳ **Le blanchissement corallien affecte 21/133** espèces de scléractiniaires (15.8%) et le blanchissement visuel moyen est de 0.967% de la surface totale observée ↳ **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaire, *Pavona duerdeni* aux transects A&B ↳ Présence de colonisation d'éponge incrustante sur *Echinopora horrida* (transect A) ↳ l'algue *Lobophora variegata* colonise quelques colonies d'*Acropora* branchus des transects A et B ↳ Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions ↳ **Le développement des cyanobactéries reste faible et stable** ↳ Les alcyonaires sont diversifiés mais le genre *Lobophytum* n'a pas été recensé aux transects A&B et le *Sarcophyton* n'est plus présent dans les couloirs de prospection ↳ L'éponge *Clathria rugosa* est désormais en diminution d'abondance pour les transects B et C

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations entre la mission d'avril 2013 et d'octobre 2012
	ST11	**Toémo**	↳ Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) ↳ Ce récif est en affaiblissement depuis les évènements cycloniques du début d'année 2011 et le cyclone Fréda de janvier 2013 ↳ Dégradation des communautés benthiques d'ordre mécanique sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des communautés benthiques au transect A et accumulation de débris coralliens et de roches pour les autres transects B&C ↳ Les scléractiniaires développent des morphologies robustes ↳ La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs et plus importante au transect B qu'en A (dégradation en sommet de récif par les agents hydrodynamiques intenses) ↳ Saisonnalité des macrophytes et caractère invasif : les algues brunes (*Dictyota* sp.) et les algues rouges (particulièrement *Asparagopsis* et *Trichogloea*) présentent un développement très important sur l'ensemble de la station ↳ Les ascidies sont variées et abondantes ↳ Les spongiaires sont abondantes (*Cliona*) ↳ Les alcyonaires ont un recouvrement relativement élevé	↳ **Le récif n'est pas encore stabilisé et la diversité corallienne se dégrade.** La richesse spécifique des coraux reste équivalente en surface mais l'accumulation de débris a fragilisé les colonies coralliennes en bas de pente et on enregistre une diminution de diversité importante au transect C. ↳ **Le blanchissement corallien affecte 30/118 espèces de scléractiniaires** (25.4%) et le blanchissement visuel moyen est de 1.167% de la surface totale observée ↳ **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaire et Faviidae (l'ensemble de la station) **et croissance anormale** sur des alcyonaires du genre *Sarcophyton* au transect C ↳ **Développement de cyanobactéries sur les coraux morts en place et les débris coralliens** ↳ **Développement important de turf algal** ↳ Les spongiaires et les ascidies ne se développent plus autant que pour la mission précédente ↳ Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions ↳ Les échinodermes et les gastéropodes apprécient les phases d'effondrement de nouveaux débris coralliens pour se nourrir. ↳ Aucune holothurie ne colonise pas le haut du récif (transect A)
	ST12	**Ugo**	↳ Croissance de grandes colonies de *Porites* sp., *Lobophyllia corymbosa* et de grands massifs d'*Alveopora* sp et *Goniopora* sp. et *Acropora* spp. ↳ Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique (turn over important) ↳ Grande diversité et abondance des coraux libre (famille Fungiidae) affectionnant particulièrement ce substrat détritique ↳ Accumulation de débris importante sous le transect et en périphérie de la station (grand couloir d'effondrement qui devient de plus en plus large) ↳ Mortalité corallienne, couloir d'effondrement et nombreux débris (lors des périodes dépressionnaires) ↳ Sédimentation importante de particules fines carbonatées en bas du tombant (début de pente sédimentaire) ↳ Recouvrement très important de *Sarcophyton* (alcyonaires) ↳ Recouvrement algal très faible ↳ Les spongiaires (*Cliona jullienei* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens	↳ **Le cyclone Fréda a engendré de nombreuses perturbations (débris coralliens mortalité des coraux sur l'ensemble de la station)** ↳ La richesse spécifique des coraux reste équivalente en surface mais l'abondance relative des colonies diminue beaucoup et l'accumulation de débris a fragilisé les colonies coralliennes en bas de pente et on enregistre une diminution de diversité importante au transect B ↳ **Le blanchissement corallien affecte 31/109** espèces de scléractiniaires (28.4%) et le blanchissement visuel moyen est de 2% de la surface totale observée (sédimentation de particules fine carbonatées et effondrement des débris coralliens) ↳ **Présence de la maladie de la bande blanche** sur quelques colonies d'*Acropora* tabulaires (l'ensemble de la station) **et croissance anormale** sur des colonies de *Porites* au transect A ↳ **Développement modéré de cyanobactéries sur les coraux morts** en place et les débris coralliens ↳ Variation importante de diversité et d'abondance des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (gastéropodes) entre les différentes missions ↳ Les échinodermes et les gastéropodes apprécient les phases d'effondrement de nouveaux débris coralliens pour se nourrir. ↳ Diminution de l'abondance des crinoïdes

6.2.4 Conclusion

6.2.4.1 Analyse par le Khi²

Rappels : les analyses par le Khi² sont présentése pour chaque transect de chaque station dans le § 4.

Le Khi² montre que toutes les structures de peuplement (coraux scléractiniaires et invertébrés) sont identiques pour chaque transect selon les différentes missions. Hors selon l'étude écologique (occurrence de diversité et abondance), il apparait que les structures de peuplement évoluent dans le temps (surtout pour les invertébrés).
Le test de Khi² est très robuste, il permet de comparer les distributions de fréquences et de déterminer la probabilité que les lignes (soit familles de scléractiniaires ou les groupes invertébrés) et les colonnes (les différentes missions) d'un tableau croisé sont indépendantes. Cependant ce test exige un certain nombre de conditions et il apparait que le nombre d'espèce au sein des familles ou des groupes n'est pas assez important (souvent inférieur à 5) pour que le test puisse déceler des modifications dans la structuration.

6.2.4.2 Analyse par Anovar

L'hypothèse (H_0) du test est de s'assurer que les variations observées de mission en mission au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.

→ L'analyse des variances de la **richesse spécifique des coraux scléractiniaires** pour les 8 campagnes de juin 2009 à avril 2013 montre qu'il n'y a pas de différence entre les missions (similarité pour une valeur de F à 97.5%). Sous un regard quantitatif, **l'ensemble des transects apparaissent homogènes** selon les différentes missions et accrédite l'hypothèse d'identité Ho.

→ L'analyse des variances de la **richesse spécifique des invertébrés** pour les 8 campagnes de juin 2009 à avril 2013 **ne montre pas de similarité**. Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho.

→ L'analyse des variances de la **richesse spécifique des macrophytes** pour les 10 campagnes d'août 2007 à avril 2013 **ne montre pas de similarité**. Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho.

6.2.4.3 Analyse par le test de Friedman

Le test de Friedman permet de rejeter de façon significative l'hypothèse d'homogénéité selon les missions pour les coraux scléractiniaires, pour les invertébrés (hors coraux durs) et dans une moindre mesure pour les macrophytes. Cette hétérogénéité permet de classer les missions les unes par rapport aux autres.

→ **La richesse spécifique des coraux scléractiniaires** : d'un point de vue général et malgré les intervalles de confiance importants, le **classement est quasi chronologique** depuis 2009 jusqu'en 2013 avec une exception pour mars 2011 et en avril 2013 où les récifs ont subi des dégradations induites par les évènements dépressionnaires Vania et Zelia durant le début d'année 2011 et Fréda durant le début d'année 2013. On constate une **stabilité générale**, suite à l'évènement dépressionnaire de mars 2011, **le récif se régénère progressivement** (sept 2011, mars 2012 et octobre 2012).
D'autre part, dans le canal de la Havannah le classement par transect montre que les niveaux bathymétriques supérieurs et/ou médians (A&B) sont directement influencés suite à un événement dépressionnaire. Puis il apparait également que les niveaux bathymétriques médians et/ou inférieurs (tB&C) sont perturbés lors d'une deuxième phase (les débris dévalent les pentes récifales par gravité, au fur et à mesure du temps).

→ **La richesse spécifique des invertébrés** : **le classement n'est pas chronologique**.

La diversité des invertébrés est très **fluctuante** car de **nombreuses espèces sont mobiles** et à la recherche constante de nourriture. Ces espèces se mobilisent également dans les niveaux bathymétriques inférieurs lors d'évènements dépressionnaires.
Puis la diversité augmente de manière importante par la recolonisation des invertébrés suite aux évènements dépressionnaires du début d'année 2011. Cette augmentation est également accentuée par les améliorations apportées au protocole avec l'inventaire exhaustif des mollusques.

→ **La richesse spécifique des macrophytes** : **le classement n'est pas chronologique**. La diversité dépend des paramètres environnementaux et elle est **contrainte par la saisonnalité et les évènements exceptionnels** (naturels ou anthropiques).
Les valeurs de biodiversité sont les plus faibles en août 2007 et septembre 2010 (saison fraiche et sèche) et mars 2010, mars 2011 et avril 2013 (saison humide et fin de saison chaude).
La valeur la plus basse de diversité coïncide avec les phases dépressionnaires (mars 2011 et avril 2013) : Phénomène d'arrachement induit par les agents hydrodynamiques.
Les valeurs de biodiversité sont les plus fortes en octobre 2008 et particulièrement en octobre 2012 (début de saison chaude) par le développement des algues rouges.

6.3 Ichtyologie

Les pages qui suivent présentent les résultats obtenus en avril 2013 sur le peuplement de poissons et les comparent aux résultats des missions précédentes qui lui sont comparables (avec quelques réserves : cf. tableau 323 annexe 02) à savoir celles de 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2012.
Les données 2005 ne sont pas reprises ici, mais elles sont disponibles toutefois dans un des rapports précédents (de 2008 [08]).

Dans tous les tests suivants la station Ugo (ST12) est incluse en donnant aux missions 2007 et 2008, alors qu'elle n'était pas encore échantillonnée, la valeur moyenne des missions suivantes.

La méthode est celle demandée par le Cahier des Charges (rédigé par la DENV). C'est-à-dire :

- la méthode des Transects à Largeur Variable (TLV) ;
- mais surtout, attention : le Cahier des Charges impose le repérage que de quelques espèces (cf. tableau 322 annexe 01). Sur le terrain, il a été procédé à un repérage exhaustif et ensuite, lors de la saisie, les espèces qui ne sont pas dans la liste ont été retirées.

Cette contrainte a un impact fort sur le paramètre de biodiversité. En effet, on distingue scientifiquement 3 niveaux de biodiversité :

- La biodiversité dite α (Bα) est le nombre d'espèces n présentes sur une station i : $B\alpha i = ni$
- La biodiversité β (Bβ) est la diversité des valeurs de diversités α ; soit en d'autres termes la diversité des stations qui caractérisent la zone étudiée
- La biodiversité γ (Bγ) est la biodiversité totale de la zone, en d'autres termes, la réunion des biodiversités α obtenues sur l'ensemble p des stations choisies pour caractériser la zone : $B\gamma = \cup B\alpha ii$

Du fait des limites imposées par le Cahier des Charges, les biodiversités β et γ ne peuvent être calculées et la biodiversité α est donc tronquée. Cependant, pour certains calculs et comparaisons, la liste « totale » est parfois reprise : :

- Biodiversité 1 : ne prend en compte que les espèces de la liste du CdC et présentes sur les transects (ce qui est demandé)
- Biodiversité 2 : ne prend en compte que les espèces de la liste du CdC, mais sur toute la station
- Biodiversité 3 : considère toutes les espèces sur toute la station (c'est la vraie Bα).

Dans tous les § qui suivent, sauf mention contraire, ce sont les poissons de la liste restreinte et présents sur les transects (biodiversité 1) qui ont été pris en compte.

Les données quantitatives par station de la partie précédente sont des données conjoncturelles uniques, donc non statistiques et de plus affectées d'une forte variabilité et de nombreux biais, dus aux comportements des poissons. Cela obère toute comparaison spatiale annuelle signifiante.
En revanche, la prise en considération de l'ensemble des stations de la zone donne une série statistique exploitable permettant une analyse temporelle. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par un choix de stations très hétérogènes : baie de Prony contre canal de la Havannah, et même au sein du canal de la Havannah, des stations sur des bancs à fort courant, des stations exposées aux alizés et d'autres au contraire protégées et donc à plus faible hydrodynamisme.

6.3.1 Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR)

Les tableaux de données se présentent avec les stations en lignes et les années en colonnes. L'ANOVAR est un test paramétrique qui vérifie l'homogénéité d'un tel tableau.
L'ANOVAR des tableaux de densité, de biomasse et de biodiversité peut être réalisée en confrontant la variance du tableau aux variances annuelles, donc en colonnes : c'est alors l'homogénéité temporelle qui est testée, ou en confrontant la variance globale aux variances des stations, donc en lignes : c'est alors l'homogénéité spatiale qui est testée.

6.3.1.1 Comparaison entre années

6.3.1.1.1 La densité

Pour toutes les campagnes, pour les densités, le tableau (cf. tableau 292) est hétérogène, la variance entre colonnes est significativement différente de la variance globale, à F95%.

Tableau n°292 : Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m²) par station sur toutes les campagnes

Stations / Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
Ilot CASY	2,63	0,87	3,5	0,93	0,33	0,30	0,36	0,33	0,78	1,09
CREEK	1,12	1,76	1,49	1,68	1,41	0,61	1,18	1,10	1,36	1,91
Le PORT	1,59	0,92	3,03	1,95	0,31	0,86	0,22	0,24	0,41	0,28
WOODIN	5,45	2,71	4,07	3,38	0,84	2,11	0,95	3,20	1,09	2,71
Banc IORO	0,73	2,02	4,09	2,37	1,23	1,56	0,81	0,87	1,22	1,80
IONONTEA	2,45	2,99	1,17	2,05	1,91	2,23	0,75	1,64	2,25	2,80
Banc B. CHB	1,78	2,73	0,91	2,66	1,79	1,62	1,05	1,70	1,24	2,26
Point PUKA	2,32	1,84	3,5	3,05	0,46	0,68	1,30	0,70	0,63	0,68
Banc KIE	4,13	4,21	4,01	1,66	1,35	1,81	1,42	2,18	1,96	3,04
Ilot KIE	5,57	9,37	8,3	2,94	3,46	5,47	3,48	4,93	3,85	7,23
Récif TOEMO	1,64	1,9	3,12	1,86	1,59	2,50	0,90	1,70	1,27	1,35
Ilot UGO	*2,18*	*2,18*	3,49	3,01	1,44	2,36	0,60	1,40	1,46	1,60
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Moy.	2,67	2,85	3,39	2,30	1,34	1,84	1,09	1,67	1,46	2,23
Ecart type	1,66	2,36	1,92	0,73	0,864	1,36	0,834	1,32	0,91	1,79
Int. de conf ±	1,05	1,49	1,16	0,44	0,499	0,79	0,481	0,76	0,53	1,03
Coef. de Var	0,62	0,83	0,57	0,32	0,64	0,74	0,77	0,79	0,62	0,80

k_1 =	**9**
k_2 =	**110**
F_{obs} =	**2,98**
$F_{0,95}$ =	1,96
$F_{0,997}$	3,42

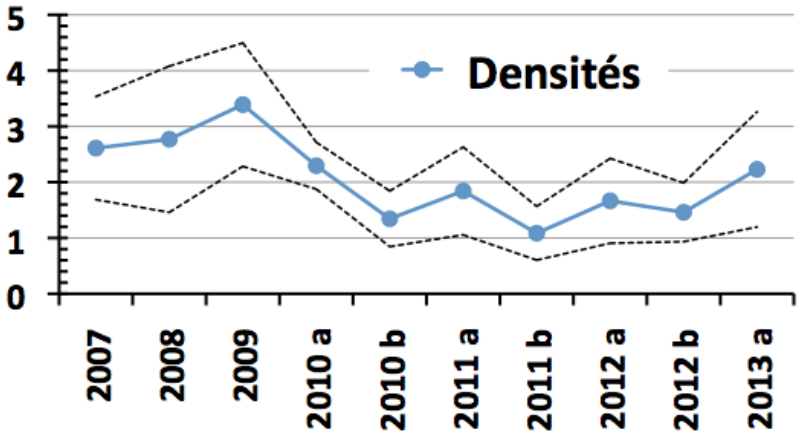


Figure n°183 : Evolution des densités ichtyologiques moyennes depuis 2007

Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots : celles de la baie de Prony et celles situées dans la Canal de la Havannah.
Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la densité pour les différentes campagnes (cf. tableau 293) montre une hétérogénéité, à F95%.
Pour les 9 stations du Canal de la Havannah, l'analyse des variances de la densité pour les différentes campagnes (cf. tableau 294) montre aussi une hétérogénéité, à F95%.

Tableau n°293 : Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m²) pour les stations de la baie de Prony sur toutes les campagnes

Baie de PRONY	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Moy.	1,78	1,18	2,67	1,52	0,68	0,59	0,59	0,33	0,85	1,09
Ecart type	0,77	0,50	1,05	0,53	0,63	0,28	0,52	1,10	0,48	0,82
Int. de conf ±	0,89	0,58	1,21	0,61	0,73	0,32	0,60	0,24	0,55	0,94

k_1 =	9
k_2 =	20
F_{obs} =	3,38
$F_{0,950}$ =	2,39
$F_{0,993}$ =	3,46

Tableau n°294 : Analyse de la Variance des densités moyennes (ind./m²) pour les stations du canal de la Havannah sur toutes les campagnes

Canal	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Moy.	2,92	3,33	3,63	2,55	1,56	2,26	1,25	2,04	1,66	2,61
Ecart type	1,72	2,38	2,12	0,60	0,84	1,32	0,87	1,31	0,95	1,89
Int. de conf ±	1,15	1,59	1,42	0,40	0,56	0,88	0,58	0,87	0,63	1,26

k_1 =	9
k_2 p =	80
F_{obs} =	2,23
$F_{0,950}$ =	2,00
$F_{0,99}$ =	2,64

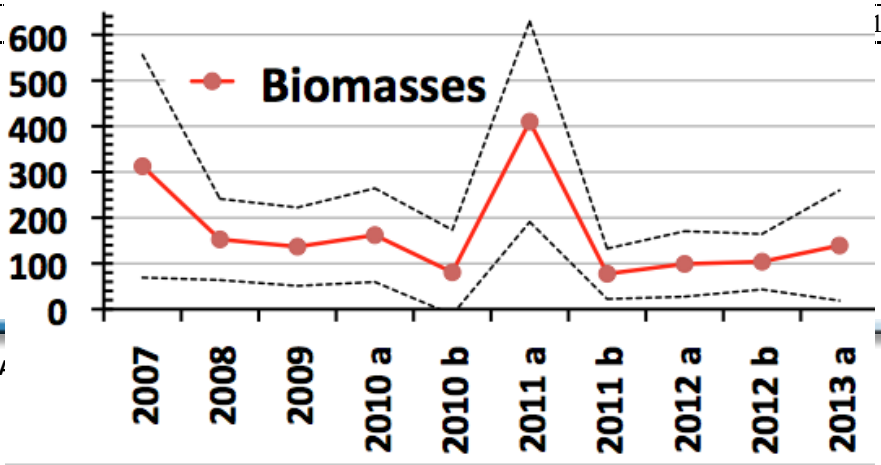
Notons donc qu'une ANOVAR ne prennant en compte que les stations du canal de la Havannah ou que celles de la baie de Prony rejette l'Ho d'homogénéité des densités à F95%.

6.3.1.1.2 La biomasse

Pour toutes les campagnes, pour les biomasses moyennes, le tableau (cf. tableau 295) est hétérogène : la variance entre colonnes est significativement différente de la variance globale.

Tableau n°295 : Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes par station sur toutes les campagnes

Stations / Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
Ilot CASY	14,86	6,68	13,08	5,79	2,30	1,01	3,97	0,82	2,72	26,75
CREEK	5,46	26,05	6,73	6,71	4,23	60,95	100,16	23,17	20,09	45,07
Le PORT	14,73	14,05	4,55	5,13	1,26	19,13	1,50	0,80	1,62	1,14
WOODIN	408,31	267,8	456,26	460,91	38,60	730,66	65,36	446,85	105,52	87,47
Banc IORO	47,65	57,97	315,96	93,78	37,89	661,47	41,01	51,11	99,73	130,43
IONONTEA	1322,4	385,65	226,52	487,76	92,96	687,65	76,87	151,77	353,11	760,11
Banc B. CHB	155,24	146,76	57,4	84,96	103,51	855,00	71,29	175,75	179,16	175,08
Point PUKA	67,39	87,54	53,22	57,64	11,73	28,27	39,78	4,93	7,00	27,28
Banc KIE	607,71	273,92	62,69	303,36	10,62	593,06	118,86	96,25	99,46	40,63
Ilot KIE	881,82	451,97	291,1	298,4	576,45	1014,91	357,27	73,27	220,07	259,09
Récif TOEMO	174,47	61,85	79,63	75,42	75,08	188,39	38,56	110,94	108,09	60,53
Ilot UGO	*49,43*	*49,43*	73,03	63,58	13,93	79,86	14,12	52,08	49,33	57,85
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Moy.	336,37	161,84	136,68	161,95	80,71	410,03	77,40	98,98	103,83	139,29
Ecart type	433,55	157,78	148,28	177,31	160,26	379,75	95,42	123,90	105,06	208,80
Int. de									0,66	120,55
Coef.									1,01	1,50



k_1=	9
k_2=	110
F_{obs} =	3.62
$F_{0,950}$ =	1.96
$F_{0,996}$=	3.65

Figure n°184 : Evolution des biomasses ichtyologiques moyennes depuis 2007

Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots : celles de la baie de Prony et celles situées dans la Canal de la Havannah.
Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la biomasse pour les différentes campagnes (cf. tableau 296) montre une similarité, à une valeur de F à 0.950.
Pour les 9 stations du Canal de la Havannah, l'analyse des variances de la biomasse pour les différentes campagnes (cf. tableau 297) montre une hétérogénéité.

Tableau n°296 : Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes pour les stations de la baie de Prony sur toutes les campagnes

Baie de PRONY	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Moy.	11,68	15,59	8,12	5,88	2,59	27,03	35,21	0,56	2,72	24,32
Ecart type	5,39	9,78	4,43	0,79	1,51	30,74	56,26	0,47	20,09	22,07
Int. de conf ±	6,22	11,29	5,12	0,92	1,74	35,50	64,97	0,55	1,62	25,48

k_1 =	9
k_2 =	20
F_{obs} =	1.47
$F_{0,95}$ =	2.39

Tableau n°297 : Analyse de la Variance des biomasses (g/m²) moyennes pour les stations du canal de la Havannah sur toutes les campagnes

Canal	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Moy.	413,62	199,01	179,53	213,98	106,75	537,70	91,46	129,22	135,72	117,61
Ecart type	445,44	151,25	148,19	176,21	179,62	353,14	104,10	130,20	102,82	230,68
Int. de conf ±	296,96	100,84	98,80	117,47	119,74	235,43	69,40	86,80	68,55	153,79

k_1 =	9
k_2 =	80
F_{obs} =	3.57
$F_{0,95}$ =	2.00
$F_{0,9993}$ =	3.80

Notons que l'ANOVAR prennant en compte les stations du canal de la Havannah rejette l'Ho d'homogénéité.
Sous un regard quantitatif, les stations de la Baie de Prony apparaissent homogènes. Elles sont en fait toujours pauvres quelles que soient les espèces que l'on y trouve et de plus les grosses espèces y sont souvent à l'état de juvéniles. Ceci expliquant cela.

6.3.1.1.3 La biodiversité

Rappel : Nous ne considérons ici toujours que les espèces repérées figurant dans la liste restrictive du cahier des charges. La portée informative de cette liste volontairement tronquée est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité (d'où son appellation de biodiversité 1).
Cependant, pour une vision globale, les calculs sont ensuite refaits dans un 2ème temps sur la bidiversité 3.

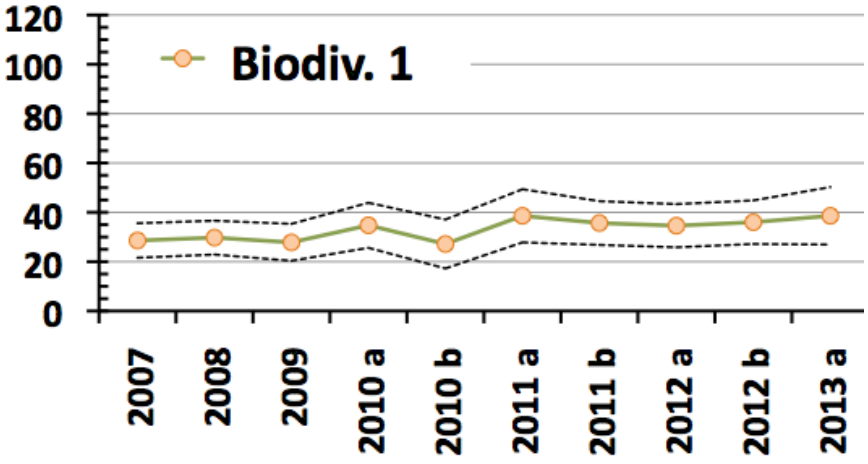
6.3.1.1.3.1 La biodiversité 1

L'analyse des variances de la biodiversité 1 (espèces liste restreinte, sur les transects) pour toutes les campagnes (cf. tableau 298) montre une similarité (valeur de F).

Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots : celles de la baie de Prony et celles situées dans le canal de la Havannah.
Pour les 3 stations de la baie de Prony, l'analyse des variances de la biodiversité pour les différentes campagnes (cf. tableau 299) montre une similarité, à une valeur de F à 0.950.
Pour les 9 stations du canal de la Havannah, l'analyse des variances de la biodiversité pour les différentes campagnes (cf. tableau 300) montre une hétérogénéité.

Tableau n°298 : Analyse de la Variance des biodiversités 1 par station sur toutes les campagnes

Stations / Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
Ilot CASY	16	9	11	13	11	12	13	9	12	18
CREEK	6	12	9	10	8	13	16	14	16	8
Le PORT	15	14	9	10	11	16	13	14	18	13
WOODIN	37	39	35	54	26	64	42	51	48	47
Banc IORO	22	30	44	42	24	56	43	36	41	48
IONONTEA	45	41	31	44	37	51	46	44	53	80
Banc B. CHB	33	44	29	45	38	46	43	44	53	46
Point PUKA	28	30	28	29	14	26	33	27	23	26
Banc KIE	36	32	35	34	28	39	48	45	37	43
Ilot KIE	46	37	49	52	67	59	58	52	53	57
Récif TOEMO	29	39	31	43	44	51	48	45	44	42
Ilot UGO	28	28	23	41	18	30	25	34	34	35
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Moy.	28,45	29,73	27,83	34,75	27,17	38,58	35,67	34,58	36,00	38,58
Ecart type	12,71	12,46	12,97	15,81	17,17	18,67	15,35	15,16	15,30	20,19
Int. de conf ±	8,04	7,88	7,82	9,54	9,91	10,78	8,86	8,75	8,83	11,66
Coef. de Var	0,45	0,42	0,47	0,45	0,63	0,48	0,43	0,44	0,42	0,52



k_1= 9
k_2= 110
F_{obs} = 1.06
$F_{0,95}$ = 1.96

Figure n°185 : Evolution des biodiversités 1 ichtyologiques moyennes depuis 2007

Tableau n°299 : Analyse de la Variance des biodiversités 1 pour les stations de la baie de Prony sur toutes les campagnes

Baie de PRONY	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Moy.	12,33	11,67	9,67	11,00	10,00	13,67	14,00	12,33	15,33	13,00
Ecart type	5,51	2,52	1,15	1,73	1,73	2,08	1,73	2,89	3,06	5,00
Int. de conf ±	6,36	2,91	1,33	2,00	2,00	2,40	2,00	3,33	3,53	5,77

k_1 =	9
k_2 =	20
F_{obs} =	3.02
$F_{0,95}$ =	2.39

Tableau n°300 : Analyse de la Variance des biodiversités 1 pour les stations du canal de la Havannah sur toutes les campagnes

Canal	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Moy.	33,78	35,56	33,89	42,67	32,89	46,89	42,89	42,00	42,89	47,11
Ecart type	8,06	5,68	8,12	7,81	16,04	12,95	9,41	8,15	10,29	15,07
Int. de conf ±	5,37	3,79	5,41	5,21	10,69	8,63	6,28	5,44	6,86	10,05

k_1 =	9
k_2 =	80
F_{obs} =	2.36
$F_{0,95}$ =	2.00
$F_{0,98}$ =	2.64

Il convient de rappeler que la Biodiversité 1 est encadrée (dans ce §) par la liste du Cahier des Charges. Cela limite la variation de ce paramètre. Malgré cela, la robustesse du test ne tient plus lorsqu'il s'agit de tester uniquement les stations du canal de la Havannah où les disparités sont énormes (cf. Ugo ≠ Ionontea).

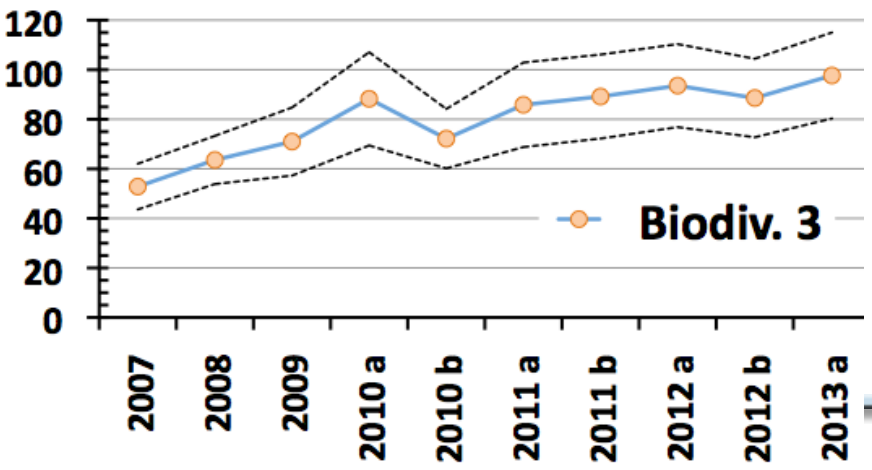
6.3.1.1.3.2 La biodiversité 3

L'analyse des variances de la biodiversité 3 (toutes les espèces, sur toute la station) pour toutes les campagnes (cf. tableau 301) montre une hétérogénéité : les variances entre colonnes sont significativement différentes de la variance globale.

Cet exercice peut être refait en séparant les stations en deux lots : celles de la baie de Prony et celles situées dans le canal de la Havannah.
Pour les 3 stations de la baie de Prony (cf. tableau 302) ainsi que pour les 9 stations du canal de la Havannah (cf. tableau 303) l'analyse des variances de la biodiversité pour les différentes campagnes montre une hétérogénéité.

Tableau n°301 : Analyse de la Variance des biodiversités 3 par station sur toutes les campagnes

Stations / Années	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
Ilot CASY	34	47	56	66	55	37	37	56	49	58
CREEK	33	30	34	47	55	35	54	52	51	68
Le PORT	34	47	39	50	64	64	66	59	55	62
WOODIN	54	89	81	110	92	111	88	108	90	110
Banc IORO	50	52	69	79	66	94	84	88	96	115
IONONTEA	60	67	81	94	81	102	124	125	123	140
Banc B. CHB	56	82	106	113	86	97	91	100	102	114
Point PUKA	44	68	66	80	41	76	101	98	77	76
Banc KIE	55	62	60	66	75	86	91	100	95	98
Ilot KIE	84	71	116	167	113	131	145	146	134	153
Récif TOEMO	53	71	74	95	88	116	109	116	110	92
Ilot UGO	*77*	*77*	70	92	50	81	80	75	81	86
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Moy.	52,8	63,6	71,0	88,3	72,2	85,8	89,2	93,6	88,6	97,7
Ecart type	15,97	16,83	23,79	32,60	20,77	29,54	29,35	29,02	27,44	30,06
Int. de conf ±	9,22	9,72	13,74	18,82	11,99	17,06	16,95	16,75	15,84	17,35
Coef. de Var	0,30	0,26	0,34	0,37	0,29	0,34	0,33	0,31	0,31	0,31



k_1=	9
k_2=	110
F_{obs} =	3.72
$F_{0,95}$ =	1.96
$F_{0,9995}$ =	3.66

Figure n°186 : Evolution des biodiversités 3 ichtyologiques moyennes depuis 2007

Tableau n°302 : Analyse de la Variance des biodiversités 3 pour les stations de la baie de Prony sur toutes les campagnes

Baie de PRONY	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Moy.	34	41	43	54	58	45	52	56	52	63
Ecart type	0,58	9,81	11,53	10,21	5,20	16,20	14,57	3,51	3,06	5,03
Int. de conf ±	0,67	11,33	13,32	11,79	6,00	18,70	16,83	4,06	3,53	5,81

k_1 =	9
k_2 =	20
F_{obs} =	2.63
$F_{0,95}$ =	2.89
$F_{0,975}$ =	2.84

Tableau n°303 : Analyse de la Variance des biodiversités 3 pour les stations du canal de la Havannah sur toutes les campagnes

Canal	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Moy.	59,21	70,99	80,33	99,56	76,89	99,33	101,44	106,22	100,89	109,33
Ecart type	12,93	10,88	18,79	29,32	22,05	17,73	21,29	20,87	18,75	24,96
Int. de conf ±	8,62	7,25	12,53	19,55	14,70	11,82	14,19	13,92	12,50	16,64

k_1 =	9
k_2 =	80
F_{obs} =	6.34
$F_{0,95}$ =	2.00
$F_{0,98}$ =	2.64

6.3.1.1.4 Conclusion

Les angles de vues (Densité, Biomasse, Biodiversité) avec lesquels on regarde les 10 résultats de cette série historique, montrent une grande hétérogénéité. Les années ne se ressemblent pas et aucun rythme ne semble émerger de ces fluctuations. Cette généralité n'est apparemment déjouée que dans le cadre de la Biomasse en baie de Prony, mais cela est dû à la grande pauvreté des stations choisies dans cette baie. Et même la Biodiversité finit par se plier à la règle dès lors que l'on considère l'ensemble des espèces et non plus celles de la liste restreinte du Cahier des Charges.

Si l'on déborde le Cahier des Charge (cf. annexe 01) pour considérer l'ensemble de la biodiversité (3) et sous son aspect qualitatif, on peut alors voir qu'à cette grande hétérogénéité temporelle de la biodiversité, s'adjoint un « brassage » considérable des espèces sur une même station d'une année sur l'autre. Moins de 20% des espèces vues sur une station l'ont été lors de toutes les missions ou presque. La grande majorité n'a été vu que 1 à 3 fois.

6.3.1.2 Comparaison entre stations

6.3.1.2.1 La densité

Les densités moyennes par station sont données dans le tableau 304.

Tableau n°304 : Densités moyennes par station

	I. Casy	Creek	Port	Woodin	Ioro	Ionon.	CHB	Puka	B. Kie	I. Kie	Toemo	Ugo
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
μ	**1,11**	**1,36**	**0,98**	**2,65**	**1,67**	**2,02**	**1,77**	**1,52**	**2,58**	**5,46**	**1,78**	**1,95**
σ	1,09	0,38	0,94	1,48	1,01	0,69	0,63	1,11	1,16	2,20	0,63	0,85
I.C.	0,69	0,24	0,59	0,93	0,64	0,44	0,40	0,70	0,73	1,39	0,40	0,53

*où **n** = nombre de missions depuis 2007, **μ** = moyennes, **σ** = écart type, **I.C.** = intervalle de confiance*

Toutes stations		Havannah		Baie de Prony	
k_1 =	11	k_1 =	8	k_1 =	2

k_2 =	108	k_2 =	81	k_2 =	27
F_{obs} =	11,30	F_{obs} =	10,61	F_{obs} =	1,96
$F_{0,95}$ =	1,90	$F_{0,95}$ =	2,06	$F_{0,95}$ =	3,36
$F_{0,999}$ =	3,68	$F_{0,9999}$ =	4,00		

Si l'analyse est faîte par lots, l'Ho n'est acceptée qu'en baie de Prony.

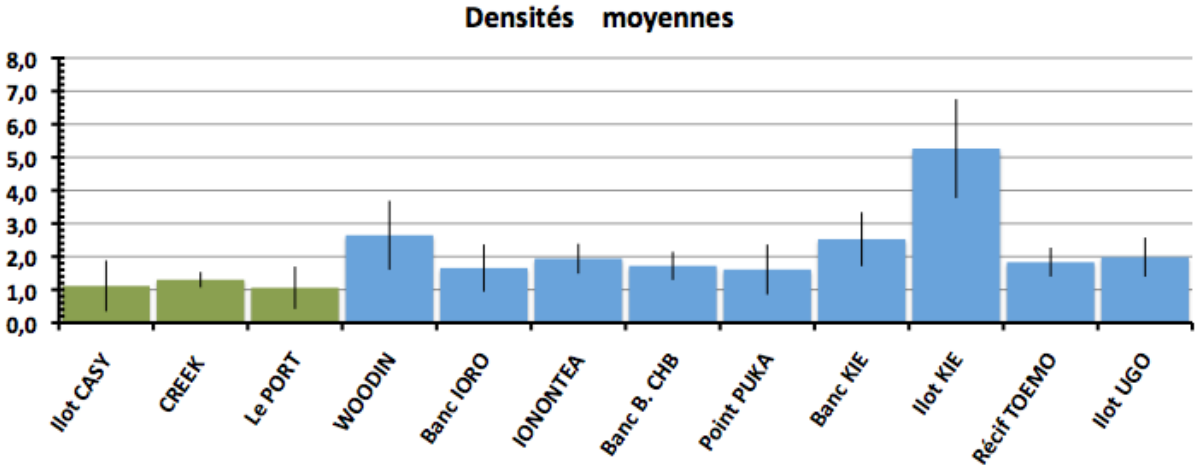


Figure n°187 : Représentation par station des densités moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance

En vert les stations de la baie de Prony, en bleu les stations du canal de la Havannah

6.3.1.2.2 La biomasse

Les biomasses moyennes par station sont données dans le tableau 305.

Tableau n°305 : Biomasses moyennes par station

	I. Casy	Creek	Port	Woodin	Ioro	Ionon.	CHB	Puka	B. Kie	I. Kie	Toemo	Ugo
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
μ	**7,80**	**29,86**	**6,39**	**306,77**	**153,70**	**454,48**	**200,41**	**38,48**	**220,66**	**442,43**	**97,30**	**50,26**
σ	8,22	30,95	6,89	229,98	196,71	385,01	234,51	27,67	221,15	299,83	49,33	21,76
I.C.	5,20	19,57	4,36	145,45	124,41	243,50	148,32	17,50	139,87	189,63	31,20	13,76

*où **n** = nombre de missions depuis 2007, **μ** = moyennes, **σ** = écart type, **I.C.** = intervalle de confiance*

Toutes stations		Havannah		Baie de Prony	
k_1 =	11	k_1 =	8	k_1 =	2
k_2 =	108	k_2 =	81	k_2 =	27
F_{obs} =	7,15	F_{obs} =	4,98	F_{obs} =	4,85
$F_{0,95}$ =	1,90	$F_{0,95}$ =	2,06	$F_{0,95}$ =	3,36
$F_{0,9995}$ =	3,52	$F_{0,9995}$ =	4,00	$F_{0,95}$ =	5,50

Si l'analyse est faîte par lots, l'Ho n'est pas acceptée mêm en baie de Prony, où c'est toutefois à la limite.

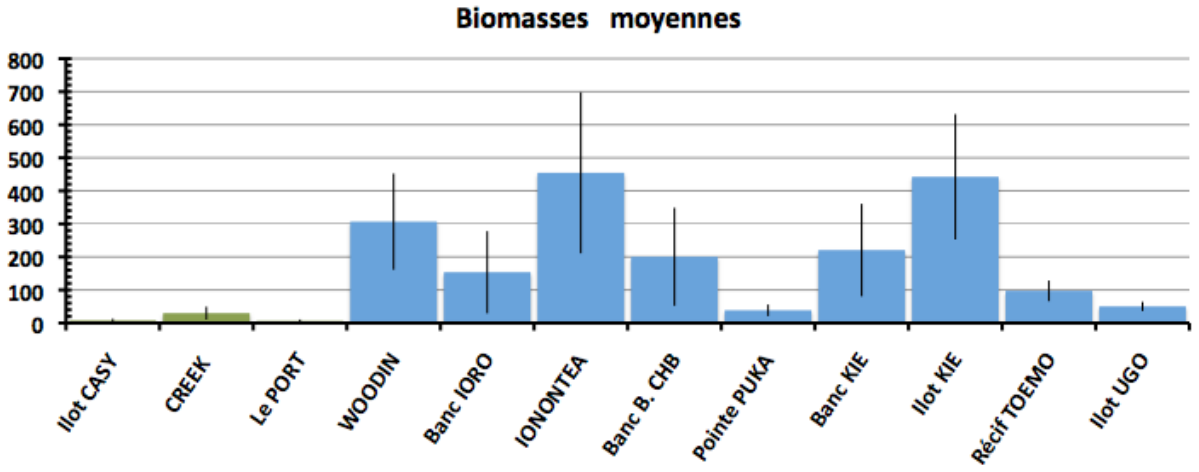


Figure n°188 : Représentation par station des biomasses moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance
En vert les stations de la baie de Prony, en bleu les stations du canal de la Havannah

6.3.1.2.3 La biodiversité

Rappel : Nous ne considérons ici toujours que les espèces repérées figurant dans la liste restrictive du cahier des charges. La portée informative de cette liste volontairement tronquée est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité (d'où son appellation de biodiversité 1).
Cependant, pour une vision globale, les calculs sont ensuite refaits dans un 2ème temps sur la bidiversité 3.

6.3.1.2.3.1 La biodiversité 1

Les biodiversités moyennes par station sont données dans le tableau 306.

Tableau n°306 : Biodiversités 1 moyennes par station

	I. Casy	Creek	Port	Woodin	Ioro	Ionon.	CHB	Puka	B. Kie	I. Kie	Toemo	Ugo
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
μ	12,40	11,20	13,30	44,30	38,60	47,20	42,10	26,40	37,70	53,00	41,60	30,00
σ	2,84	3,52	2,75	10,83	10,68	13,15	6,97	5,10	6,15	8,14	6,93	6,63
I.C.	1,79	2,23	1,74	6,85	6,75	8,31	4,41	3,23	3,89	5,15	4,38	4,20

*où **n** = nombre de missions depuis 2007, **μ** = moyennes, **σ** = écart type, **I.C.** = intervalle de confiance*

Toutes stations		Havannah		Baie de Prony	
k_1 =	11	k_1 =	8	k_1 =	2
k_2 =	108	k_2 =	81	k_2 =	27
F_{obs} =	35,58	F_{obs} =	8,98	F_{obs} =	1,19
$F_{0,950}$ =	1,90	$F_{0,950}$ =	2,06	$F_{0,950}$ =	3,36
$F_{0,9995}$ =	3,50	$F_{0,9999}$ =	4,00		

Si l'analyse est faîte par lots, l'Ho n'est acceptée qu'en baie de Prony.

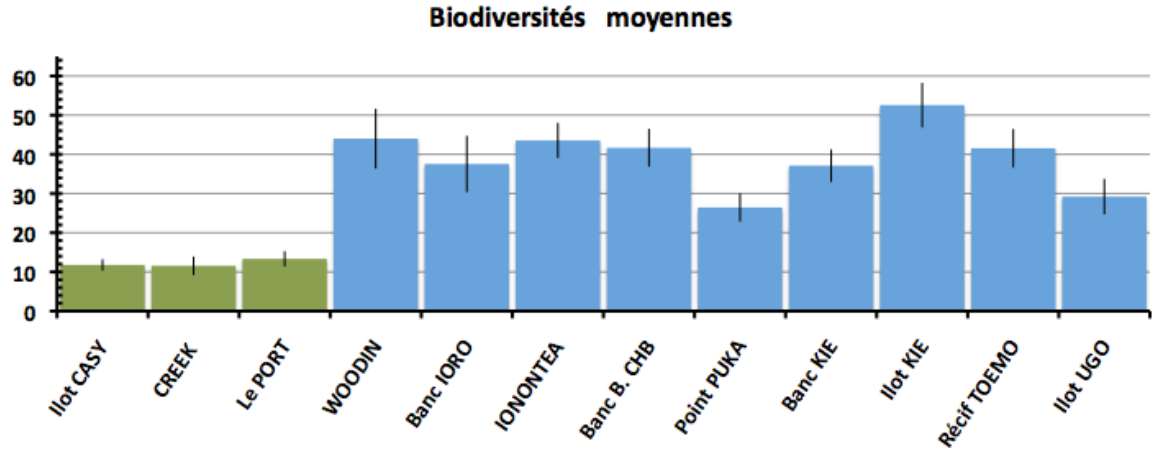


Figure n°189 : Représentation par station des biodiversités 1 moyennes depuis 2007 et de leur

intervalle de confiance
En vert les stations de la baie de Prony, en bleu les stations du canal de la Havannah

6.3.1.2.3.2 La biodiversité 3

Les biodiversités moyennes par station sont données dans le tableau 303.

Tableau n°307 : Biodiversités 3 moyennes par station

	I. Casy	Creek	Port	Woodin	Ioro	Ionon.	CHB	Puka	B. Kie	I. Kie	Toemo	Ugo
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
μ	12,40	11,20	13,30	44,30	38,60	47,20	42,10	26,40	37,70	53,00	41,60	30,00
σ	2,84	3,52	2,75	10,83	10,68	13,15	6,97	5,10	6,15	8,14	6,93	6,63
I.C.	1,79	2,23	1,74	6,85	6,75	8,31	4,41	3,23	3,89	5,15	4,38	4,20

*où **n** = nombre de missions depuis 2007, **μ** = moyennes, **σ** = écart type, **I.C.** = intervalle de confiance*

Toutes stations		Havannah		Baie de Prony	
k_1 =	11	k_1 =	8	k_1 =	2
k_2 =	108	k_2 =	81	k_2 =	27
F_{obs} =	14.74	F_{obs} =	4.10	F_{obs} =	3.75
$F_{0,950}$ =	1.90	$F_{0,950}$ =	2.06	$F_{0,950}$ =	3.36
$F_{0,9995}$ =	3.50	$F_{0,9999}$ =	4.00	$F_{0,975}$ =	4.25

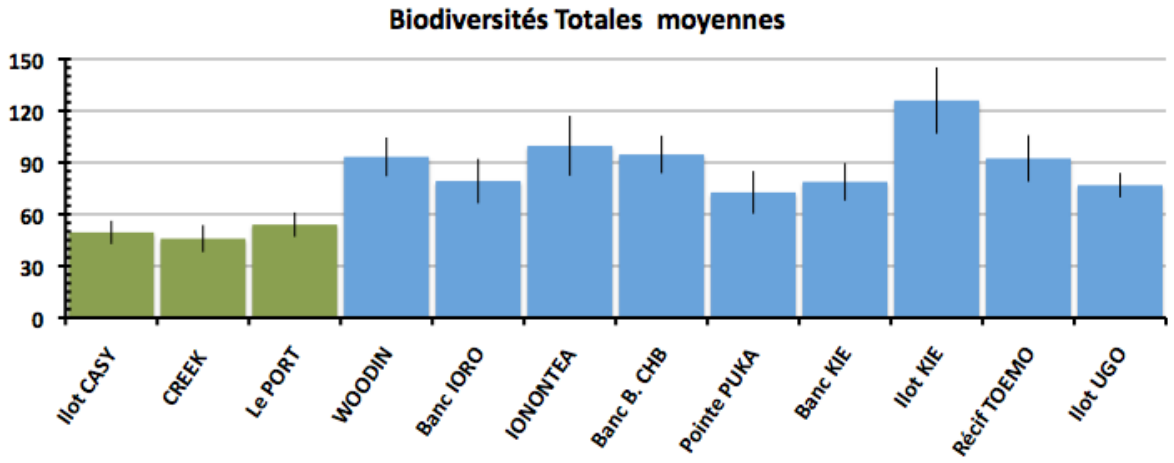


Figure n°190 : Représentation par station des biodiversités 3 moyennes depuis 2007 et de leur intervalle de confiance
En vert les stations de la baie de Prony, en bleu les stations du canal de la Havannah

Si l'analyse est faîte par lots, l'Ho est acceptée pour toutes les stations (le rejet est à la limite en baie de Prony).

6.3.1.2.4 Conclusion

Les 9 stations du canal de la Havannah et Woodin montrent une très grande hétérogénéité vues sous les angles de la Densité, de la Biomasse ou de la Biodiversité. La forte densité de l'îlot Kié est due aux nuages abondants de poissons demoiselles, la biomasse de Ionontea à l'abondance de grosses espèces comme les loches ou les poissons chirurgiens.
En revanche, la baie de Prony est plus homogène, au moins en ce qui concerne les 3 stations choisies. L'environnement y est assez standardisé, seule, à la faveur de la présence conjoncturelle d'une loche ou deux, la biomasse échappe (de peu) à cette homogénéité.

6.3.1.3 Synthèse

Les tableaux 308 et 309 récapitulent les résultats quant aux tests d'homogénéités des résultats selon les

années et selon les stations.

Tableau n°308 : Récapitulatif de la comparaison temporelle

Ho = Hypothèse d'égalité des variances. i.e. homogénéité des années					
	Paramètres testés	**Densité**	**Biomasse**	**Biodiversité 1**	**Biodiversité 3**
Prise en compte ….	de toutes les stations	**Refusée ***	**Refusée ****	**Acceptée *****	**Refusée *****
	des stations de Prony	**Refusée ***	**Refusée ****	**Acceptée *****	**Refusée ****
	des stations de la Havannah / Woodin	**Refusée ***	**Refusée ****	**Refusée ****	**Refusée *****

Tableau n°309 : Récapitulatif de la comparaison spatialle

Ho = Hypothèse d'égalité des variances. i.e. homogénéité des stations					
	Paramètres testés	**Densité**	**Biomasse**	**Biodiversité 1**	**Biodiversité 3**
Prise en compte ….	de toutes les stations	**Refusée *****	**Refusée *****	**Refusée *****	**Refusée *****
	des stations de Prony	**Acceptée ***	**Refusée ***	**Acceptée ****	**Refusée ***
	des stations de la Havannah / Woodin	**Refusée *****	**Refusée *****	**Refusée *****	**Refusée *****

Les enseignements des tableaux 308 et 309 sont :

- L'analyse temporelle rejette l'Ho des densités, des biomasses et des biodiversités 3. Seule la biodiversité 1 en baie de Prony est stable. Les densités en baie de Prony sont toujours très faibles. Les grandes espèces (dites commerciales) sont fréquemment représentées par des juvéniles si bien que la biomasse présente également des valeurs basses. Par ailleurs, la baie de Prony ne comporte que trois stations, ce qui minore considérablement la portée heuristique et généraliste des résultats dans cette baie.
- L'analyse spatiale rejette tous les tests relatifs au canal de la Havannah / Woodin. En ce qui concerne la baie de Prony, la faiblesse du peuplement et l'encadrement de la biodiversité expliquent que 2 paramètres soient acceptés.

Les stations constituent un ensemble hétérogène. Les paramètres utilisés pour les décrire fluctuent dans le temps et dans l'espace, de façon importante, sans rythme et sans unanimité. Seules font exception, le paramètre de densité en baie de Prony du fait d'un peuplement clairsemé (au moins en ce qui concerne les stations) et celui de la biodiversité 1, tant d'un point de vue temporel que spatial puisque ce paramètre est limité à quelques espèces communes par le Cahier des Charges.
On notera à ce propos, que la biodiversité est toujours renforcée dès lors que l'on étend l'investigation au-delà de la zone des transects et cela même si l'on reste sur la liste du Cahier des Charges (cf. Biodiv.2).

L'une des implications de cette hétérogénéité est, qu'en ce qui concerne l'ichthyofaune, toute augmentation future du nombre de stations devra être étayée d'une stratification plus large du plan d'échantillonnage. L'émissaire du tuyau et la situation du port ne suffisent pas à positionner les stations. Les critères fixant leur nombre et emplacement et guidant la stratification doivent tenir compte également des facteurs écologiques (profondeur, clarté, courants…) qui façonnent les biocœnoses et des exigences des traitements statistiques des données.

6.3.2 Tests non paramétriques

C'est un test de rangs dérivés de Wilcoxon [09], qui est utilisé ici : le test de Friedman.
Ce test considère a priori qu'il y a une structure en ligne ou en colonne et fait un classement particulier pour chaque colonne ou ligne. Les positions des valeurs dans le tableau ne sont donc pas interchangeables ce qui est plus satisfaisant pour notre problématique où chaque mesure doit garder dans le tableau son affectation spatiale (station) et temporelle (mission).

Le test de Friedman [10] est adapté aux cas de plusieurs échantillons *non-indépendants*. On peut considérer en effet, que les échantillons « stations » ne sont pas indépendants, dans la mesure où ils sont issus d'un dispositif expérimental faisant un choix aléatoire incomplet. C'est-à-dire que, par exemple, les stations de la Havannah ont été positionnées, certes au hasard, mais autour du tuyau et non pas choisies pour des critères d'indépendance les unes par rapport aux autres. Et l'on peut également considérer que les échantillons « années» (test en colonne sur les mêmes tableaux) ne sont pas indépendants puisque la présence d'un poisson quelque part est la conséquence de causes qui s'établissent dans la durée du fait par exemple du climat qui s'applique sur toute la zone de la même manière.

Ce test, appelé *«test en blocs aléatoires complets* », a pour préalable d'ordonner les résultats des différents traitements à l'intérieur de chaque bloc préétablis. Dans notre cas, nous considèrerons :

1. **L'approche spatiale** qui suppose que les « traitements » sont les conditions propres à chaque année de la série temporelle et que les « blocs » sont les stations visitées chaque année. Dans ce cas, ce sera une analyse en colonnes. Le classement des années par stations gomme les différences quantitatives entre stations puisque le classement va de 1 à 12, si bien que la somme en colonne correspond à un classement des années. Ce classement sera pertinent si l'Ho est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites, le tableau est homogène.
2. L'approche temporelle prend le tableau dans l'autre sens : les « traitements » sont les stations et les « blocs » sont les années. Le classement des stations par année gomme les différences entre années puisque le classement va de 1 à 8, si bien que la somme en ligne correspond à un classement des stations. Ce classement sera pertinent si l'Ho est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites.

Ce traitement sera appliqué à chaque paramètre.

Formule du $\chi 2$ de Friedman : $\chi^2_{obs} = 12/pq(p+1).\sum Y_i^2 - 3q(p+1)$

Où :
Y est la somme des rangs en colonne (1) ou en ligne (2) ;
En (1), p désigne le nombre d'années donc de colonnes et q est le nombre de stations donc de lignes ;
En (2), p désigne le nombre de stations donc de lignes et q est le nombre d'années donc de colonnes ;
Le degré de liberté ddl = p-1 donc 7 pour (1) et 11 pour (2).

L'hypothèse Ho en (1) est que les variations observées entre années sont fortuites, donc de s'assurer que les variations observées d'année en année au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.
L'hypothèse Ho en (2) est que les variations observées entre stations sont fortuites.

Selon les résultats du test (cf. tableau 310), les différences entre années ne sont pas fortuites.

Tableau n°310 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne = spatiale)

(12 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi 2_{obs}$	**55,33**	**84,37**	**89,41**	**87,23**
$\chi 2_{tab\ 0,95}$ = **19,7** pour un ddl de p-1 = 11				
$\chi 2_{tab\ 0,9995}$ = **33,1** pour un ddl de p-1 = 11				

(3 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi 2_{obs}$	**2,60**	**3,75**	**1,80**	**6,65**
$\chi 2_{tab\ 0,95}$ = **5,99** pour un ddl de p-1 = 2				
$\chi 2_{tab\ 0,975}$ = **7,38** pour un ddl de p-1 = 2				

(9 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi 2_{obs}$	**31,23**	**48,65**	**46,74**	**47,72**
$\chi 2_{tab\ 0,95}$ = **15,5** pour un ddl de p-1 = 8				
$\chi 2_{tab\ 0,999}$ = **22,3** pour un ddl de p-1 = 8				

Tableau n°311 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en ligne = temporelle)

Depuis 2007	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi 2_{obs}$	**47,80**	**32,87**	**37,40**	**62,13**
$\chi 2_{tab\ 0,95}$ = **16,9** pour un ddl de p-1 = 9				
$\chi 2_{tab\ 0,9995}$ = **29,7** pour un ddl de p-1 = 9				

La faiblesse des densités et des biomasses et la liste des espèces font que les stations de Prony sont homogènes (tableau 310). Sans contrainte ces stations diffèrent très significativement (cf. Biodiv.3).
Pour les autres tests, les différences sont importantes, les tests rejettent très significativement Ho.

Les différences entre les stations et années ne sont donc pas fortuites et celles-ci peuvent être classées.
Les résultats sont donnés dans le tableau 312.

Tableau n°312 : Classement des stations (A) et des années (B) à partir des paramètres évalués

n°	Stations	Classement spatial			
		Densité	Biomasse	Biodiv.	Global
1	Ilot CASY	2	2	2	1
2	CREEK	3	3	1	1
3	Le PORT	1	1	3	1
4	WOODIN	10	10	10	10
5	Banc IORO	5	6	6	5
6	IONONTEA	9	11	11	10
7	Banc B. CHB	7	9	8	7
8	Point PUKA	4	4	4	4
9	Banc KIE	11	8	7	7
10	Ilot KIE	12	12	12	12
11	Récif TOEMO	6	7	9	7
12	UGO	8	5	5	5

Années	Classement temporel			
	Densité	Biomasse	Biodiv.	Global
2007	7	9	3	5
2008	10	8	4	8
2009	9	6	1	3
2010 a	8	7	6	9
2010 b	2	1	2	1
2011 a	5	10	10	10
2011 b	1	2	9	4
2012 a	3	3	5	2
2012 b	4	4	8	6
2013 a	6	5	7	7

Ce tableau souligne les importantes différences entre la baie de Prony et le canal de la Havannah / Woodin. Les stations du canal ont en moyenne des valeurs de densité, biodiversité et biomasse qui sont respectivement 2, 4 et 30 fois plus fortes que celles des 3 stations de la baie de Prony. Ces dernières sont *ex æquo*. Ce n'est pas le cas pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin. Dans le lot « Stations du Canal » 3 groupes de 3 stations peuvent être mis en exergue (tableau 312) :

(1) Puka ,Ugo, Ioro ;
(2) Toémo, Basse Chambeyron, Bancs Kié ;
(3) Woodin, Ionontea, Ilot Kié, ces trois dernières étant remarquables par le foisonnement de l'hychtyofaune.

Cette mission ne change pas le groupage spatial. Toutefois, Puka et Toémo sont passées en queue des groupes auxquels elles appartiennent.
Dans le temps elle prend la 7° position.

6.3.3 Indice Global Annuel (IGA) et Indice Annuel par Station (IAS)

Ces indices synoptiques servent à apprécier la « qualité » d'une année par rapport aux autres ou celle d'une station durant l'année écoulée. Nous reprendrons les Indices proposés dans les rapports 2012 en changeant et explicitant quelque peu leur mode de calcul[18].
L'Indice Annuel d'une Station (**IAS**) est la moyenne des valeurs de Densité, Biomasse et de Biodiv.1.
L'Indice Global Annuel (**IGA**) est la moyenne des valeurs moyennes de Densité, Biomasse et Biodiv.1.
Dans les deux cas la Biodiversité est pondérée par 2 :

$$I = (Densité+Biomasse+2*Biodiversité)/4$$

[18] La grille précédente méritait d'être modifiée car la dernière catégorie ne comportait que la valeur 4 et était donc de fait inaccessible

Ils sont ensuite associés à une échelle de cotation allant de 1 à 4 à laquelle est associé un code couleur (tableau 313).

Tableau n°313 : Clé de cotation du classement « Canal »

Cotations	1	2	3	4
Densité (ind./m^2)	< 1,00	1,00-1,99	2,00-2,99	≥ 3,00
Biomasse (g/m^2)	< 100	100-199	200-399	≥ 400
Biodiv.(1)	< 20	20-29	30-39	≥ 40
Indice moyen	**1 à 1,50**	**1,75 à 2,25**	**2,50 à 3,00**	**≥ 3,25**
Codes				

Toutefois, pour des raisons écologiques naturelles il est impossible que les 3 paramètres des stations de la baie de Prony puissent atteindre l'ordre de grandeur des valeurs atteintes dans le canal de la Havannah / Woodin. Aussi, si on leur applique les mêmes correspondances entre valeurs et code couleurs, elles seront toujours en rouge ou exceptionnellement en orangé et cette grille n'apportera aucune souplesse d'appréciation.
Il convient donc d'appliquer une autre gamme de correspondance aux 3 paramètres pour obtenir plus de détails dans la tranche de valeurs où les stations de Prony se trouvent naturellement (tableau 314).

Tableau n°314 : Clé de cotation du classement « Prony »

Cotations	1	2	3	4
Densité (ind./m^2)	0,00 - 0,49	0,50-1,09	1,10-1,69	≥ 1,70
Biomasse (g/m^2)	0 - 10	11-20	21-40	≥ 40
Biodiv.(1)	0-7	8-12	13-17	≥ 18
Indice moyen	**1 à 1,50**	**1,75 à 2,25**	**2,50 à 3,00**	**≥ 3,25**
Codes				

Tableau n°315 : Cotation des stations en avril 2013 (avec rappel des 2 missions précédentes)

Par station	Indices 2013 a				Rappel de l'IAS	
	Dens.	Biom.	Biodiv.(1)	IAS	2012 b	2012 a
Ilot CASY	2	3	4	3,25	1,75	1,50
CREEK	4	4	2	3,00	2,75	3,00
Le PORT	1	1	3	2,00	2,50	1,95
WOODIN	3	1	4	3,00	3,50	3,50
Banc IORO	2	2	4	3,00	2,50	2,50
IONONTEA	3	4	4	3,75	3,50	3,50
Banc B. CHB	3	2	4	3,25	3,25	3,00
Pointe PUKA	1	1	2	1,50	1,75	1,75
Banc KIE	4	1	4	3,25	3,00	3,00
Ilot KIE	4	3	4	3,75	4,00	4,00
Récif TOEMO	2	1	4	2,75	3,00	3,00
Ilot UGO	2	1	3	2,25	1,75	2,00

Tableau n°316 : Cotation des années depuis 2007

Par année	Indices			
	Dens.	Biom.	Biodiv.(1)	IGA
2007	3	3	2	**2,50**
2008	3	2	2	**2,25**
2009	3	2	2	**2,25**
2010 a	3	2	3	**2,75**
2010 b	2	1	2	**1,75**
2011 a	2	4	3	**3,00**
2011 b	2	1	3	**2,25**
2012 a	2	1	3	**2,25**
2012 b	2	2	3	**2,50**
2013 a	3	2	3	**2,75**

Ces derniers résultats sont moyens **+**. Ils sont équivalents à ceux de l'automne 2010 et viennent au deuxième rang derrière les résultats de l'automne 2011. Ce résultat ne correspond pas tout à fait à celui du tableau 312 où les valeurs sont des rangs de 1 à 12 ou de 1 à 10 et non une cotation, et où le poids de la biodiversité est équivalent à celui des autres paramètres.

6.3.3.1 Conclusion

Les moyennes des paramètres de densité, biomasse et de biodiversité des poissons, selon la liste restreinte, sont donnés tableau 317.

Depuis le début des observations, il n'y a pas de changement majeur sur la zone. Globalement…

- La **Densité** moyenne fluctue dans un rapport de 1 à 3 et sans rythme régulier. Le maximum fut observé en juin 2009 et le minimum en septembre 2011.
- La **Biomasse** moyenne fluctue dans un rapport de 1 à 5 et sans rythme régulier. Le maximum fut observé en mars 2011 et le minimum en septembre 2011.
- La **Biodiversité** semble augmenter de façon unanime sur l'ensemble de la zone depuis le début des observations, sauf sur les stations côtières du canal de la Havannah (Puka et Toémo).

Les stations représentent un ensemble hétérogène, y compris à l'intérieur d'une même zone (i.e. le Canal et la baie de Prony)

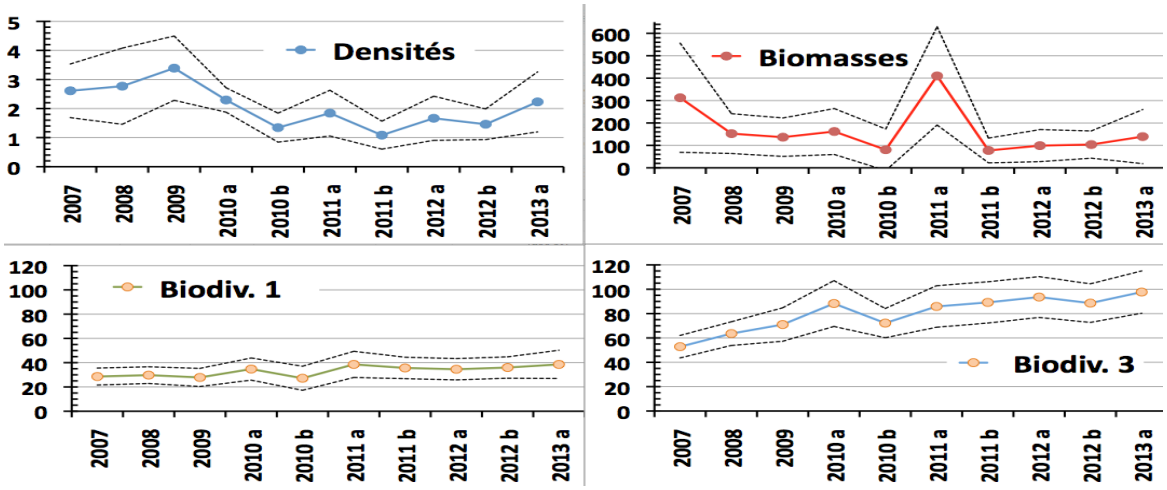
- La **Biodiversité** limitée par le cahier des charges (Biodiv.1) est en moyenne 4 fois plus faible dans la Baie que dans le Canal et le même rapport existe entre les stations de ce dernier. L'écart est encore plus important pour la biodiversité totale (Biodiv.3) qui est entre 2 et 3 fois supérieure à la Biodiv.1. Un nombre important d'espèces du cahier des charges, notamment les espèces commerciales restent éloignées de la zone des transects. Celle-ci couvre en effet une très faible surface si bien que la Biodiv.2 est près de 3 fois supérieure à la Biodiv.1.
- La **Densité** est globalement 2 fois plus forte dans le canal de la Havannah qu'en baie de Prony.
- La **Biomasse** entre les stations du Canal varie de 1 à 12 et seulement de 1 à 4 dans la Baie. Entre ces deux zones le rapport de biomasse entre stations est de 1 à 70 et globalement entre les deux zones de 1 à 15.

La composition en familles des peuplements n'évolue pas, alors que les espèces qui participent à ce peuplement changent en forte proportion. Seules 14 % des espèces sont sédentaires.

Tableau n°317 : Moyennes des paramètres étudiés et calculées sur l'ensemble des stations

Dates	Densité moyenne	Biomasse (g/m^2) moyenne	Biodiv. CdC (1) moyenne	Biodiv. totale (3) moyenne
2007 Aout	2,67 ± 1,1	336,37 ± 274,2	28,5 ± 08,0	52,8 ± 9,2
2008 Oct.	2,85 ± 1,5	161,84 ± 99,8	29,7 ± 07,9	63,6 ± 9,7

2009 Juin	3,39 ± 1,2	136,68 ± 89,4	27,8 ± 07,8	71,0 ± 13,7
2010 a Mars	2,30 ± 0,4	161,95 ± 106,9	34,8 ± 09,5	88,3 ± 18,8
2010 b Sept.	1,80 ± 0,9	86,54 ± 91,2	27,9 ± 10,3	72,2 ± 12,0
2011 a Mars	1,84 ± 1,4	410,03 ± 219,3	38,6 ± 10,8	85,8 ± 17,1
2011 b Sept.	1,09 ± 0,5	77,40 ± 55,1	35,7 ± 08,9	89,2 ± 17,0
2012 a Mars.	1,67 ± 0,8	98,98 ± 71,5	34,6 ± 08,8	93,6 ± 16,8
2012 b Oct.	1,46 ± 0,5	103,83 ± 66,7	36,0 ± 08,8	88,6 ± 15,8
2013 a Avril.	2,23 ± 1,0	139,29 ± 120,6	38,6 ± 11,7	97,7 ± 17,4



7 Synthèse bibliographique, de la zone étudiée

Lors du rapport de la mission d'octobre 2008 [08], une synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- la bio-géographie et les complexes récifaux de la zone,
- les particularités des baies calédoniennes,
- les causes de dégradations de ces récifs,
- le recrutement et les taux de croissance corallien,
- les proliférations de cyanobactéries.

Pour le suivi de la fuite d'acide dans le Creek baie nord, trois missions ont été réalisées, et à cette occasion, une synthèse bibliographique (rapport [11]) a été réalisée sur ces sujets :

- l'acide sulfurique et ses principales caractéristiques,
- les accidents historiques liés à de l'acide sulfurique, avec des simulations de scénarios d'accident et les résultats de l'étude environnementales du « Bahamas »,
- le blanchissement corallien : les zooxanthelles, la physiologie coralienne et les paramètres influant sur le blanchissement.

Puis, pour la 2ème mission (rapport [12]) :

- des explications sur deux phénomènes pouvant influer sur la couverture corallienne, que nous avons observés lors de la mission : les cyanobactéries et les étoiles de mer *Culcita*,
- un relevé des données pluviométriques de la zone.

Et enfin, lors des 3ème et 4ème missions (rapport [13, 14]) :

- réactualisation des données météorologiques,
- impacts potentiels des conditions météorologiques sur l'état de santé des communautés marines.

Lors du rapport de la mission de juin 2009 [15], une synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- les causes de dégradations des récifs de la zone étudiée,
- les proliférations de cyanobactéries,
- les algues et leurs variabilités,
- le recrutement et les taux de croissance coralliens.

Lors du rapport de la mission de mars-avril 2010 [16], une synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- pourquoi étudier les biocénoses benthiques,
- les particularités de la baie de Prony,
- le recrutement et les taux de croissance coralliens : Pocilloporidae.

Lors du rapport de la mission de septembre 2010 [17], puis de mars 2011 [18], une synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- le recrutement et les taux de croissance coralliens : exemple des Pocilloporidae sur les transects de la station 01,
- les algues et leurs variabilités depuis 2008,
- les proliférations de cyanobactéries et leurs fluctuations observées depuis 2008.

Depuis la mission d'octobre 2008, les rapports [08, 15, 16, 17, 18, 19, 20] présentent le point de suivi sur le recrutement et les taux de croissance coralliens : exemple des Pocilloporidae sur le transect A de la station 01 (Casy).
Le suivi de cette croissance est de nouveau présenté ci-dessous.

7.1 Recrutement et taux de croissance corallien : Pocilloporidae, généralités

Sur plusieurs stations étudiées, on a pu observer des taux de recrutement corallien important et des taux de croissance assez élevés.
L'exemple le plus frappant est la station 01 (Casy) où de jeunes colonies se sont fixées sur des piquets de transects depuis la mission de 2007 (pose des piquets le 31/08/07), nous permettant ainsi de bien mesurer leur accroissement à chaque campagne.
Dans ce cas, ces juvéniles sont des *Pocillopora damicornis* de la famille des Pocilloporidae (cf. tableau 318).
Les Pocilloporidae sont des coraux abondants sur les récifs néo-calédoniens. Ils s'adaptent très bien aux variations de lumière et aux divers mouvements de l'eau (hydrodynamisme).

Tableau n°318 : Systématique / Description de Pocillopora damicornis

Classe	Anthozoa Ehrenberg, 1819
Sous classe	Hexacorallia
Ordre	Scleractinia Bourne, 1900
Genre	*Pocillopora* Lamarck, 1816
Espèce	*damicornis*
1ère Description	Linné 1758
Distribution	Indo-Pacifique, de la côte est de l'Afrique à la côte ouest de l'Amérique Centrale, au nord du Japon et d'Hawaii, sud de Durban, vers les îles de Lord et Howe et les îles de Pâques. Entre 1 et 38 mètres.
Description	Petites colonies de taille moyenne. Coloration : brun, vert ou rose.
Caractéristiques	Corail qui vit du produit de ses zooxanthelles. Intensité lumineuse importante requise.
Maintenance	Espèce à croissance rapide mais attention aux algues filamenteuses.
Remarques	Se subdivise en 4 écomorphes (Veron & Pichon, 1976).

La morphologie de ce corail est très variable et est étroitement lié à l'hydrodynamisme et à la lumière reçue (pénétration de la lumière dans l'eau liée au taux de sédimentation). Des branches fines et largement espacées sont un signe d'eau moyennement brassée. Tandis que des branches compactes et épaisses témoignent d'un environnement intensément brassé.
Une étude en laboratoire montre que les jeunes *Pocillopora damicornis* survivent mieux dans des microhabitats, non affectés par la sédimentation directe, non exposés au broutage direct et non occupés par des algues filamenteuses à croissance rapide [21].

7.2 Recrutement et taux de croissance corallien : Pocilloporidae, cas de la station 01

Des planulas[19] de *Pocillopora damicornis* ont réussi à se fixer sur les piquets (posés lors de la mission du 31/08/07) du transect supérieur de la station 01 (Casy), et, de ce fait, aucune autre espèce ne les a perturbées dans leur édification. Elles se sont développées dans de bonnes conditions environnementales avec un apport en nutriment important (apport des rivières) et une pénétration de la lumière suffisante pour la photosynthèse de leurs symbiotes (zooxanthelles). Lors de chaque mission de suivi les colonies sont mesurées ce qui permet d'appréhender leur croissance.

Cette colonisation des colonies de *Pocillopora damicornis* sur les 3 piquets du transect A est observée depuis :

- octobre 2008 pour les colonies E, F, G (piquet XX),
- juin 2009 pour les colonies B et C (piquet 0),

[19] Planula : larve ciliée résultant de la fécondation d'un gamète femelle par un gamète male chez les éponges et les cnidaires.

- avril 2010 pour les colonies A et D (piquets 0 et X).

Les colonies coralliennes ne sont donc pas issues de la même phase de ponte :

- les colonies E, F et G sont résultantes de la ponte de novembre 2007,
- les colonies B et C sont résultantes de la ponte de novembre 2008,
- les colonies A et D sont résultantes de la ponte de novembre 2009.

Désormais les trois piquets du transect A sont donc colonisés par 7 colonies de *Pocillopora damicornis* dont les tailles en cm sont indiquées dans le tableau 319.

Tableau n°319 : Taille des colonies coralliennes fixées sur les piquets de la ST01A

	(cm)	Oct. 08	Juin 09	Mars 10	Sept. 10	Mars 11	Oct. 11	Mars 12	Oct. 12	Avr. 13
Piquet 0	Colonie A	/	/	6	10	16	21	25	30	33
	Colonie B	/	7	15	18	22	23	26	28,5	31
	Colonie C	/	5	12	14	17,5	21	26,5	29	33
Piquet X	Colonie D	/	/	10	11	14	16	19,5	22	26
Piquet XX	Colonie E	8	16	21	22	26,5	29	29,5	31,5	33
	Colonie F	5	8	12	15	16,5	22	22,5	23,5	26
	Colonie G	6	9	10	17	18,5	22,5	23,5	25	25
Nb mois entre les missions		11	7.5	9.5	6	6	6	6	7	6
Date supposée de la ponte		11/07	11/08	11/09	/	/	/	/	/	/
Croissance moyenne	**Moyenne colonies E, F, G**	6,33	4,67	3,33	3,67	2,5	4	0,66	1,5	1,33
Taux accroissement moyen (%)		100	73,68	30,30	25,58	13,89	19,51	2,72	5,96	5
Croissance moyenne	**Moyenne colonies A à G**	6,33	2,67	3,29	3	3,43	3,36	2,57	2,42	2,5
Taux accroissement moyen (%)		100	42,11	36,51	24,42	22,43	17,94	11,65	9,85	9,23

D'une manière générale le taux de croissance diminue au fur et à mesure du temps. La vitesse de croissance des colonies scléractiniaires est toujours plus importante les premiers mois (stade juvénile) voir les premières années, puis elle diminue au fur et à mesure du temps. Cependant, les taux de croissance peuvent également varier selon les conditions environnementales, la saisonnalité et le régime dépressionnaire (tableau 319 et figure 191).

Les colonies E, F et G ont la même date de ponte et sont suivies sur la plus longue période de temps :
→ **Des ralentissements de croissance** importants sont marqués pour 4 principales périodes : de juin 2009 à mars 2010, de septembre 2010 à mars 2011, d'octobre 2011 à mars 2012 et d'octobre 2012 à avril 2013.
Cette diminution de croissance est liée à la saison estivale (saison humide et saison chaude) et pourrait être corrélée à un dérèglement de l'environnement lié aux pluies abondantes et renforcée par les événements dépressionnaires et climatiques du mois de février 2010 (dépression Jasper) puis du mois de janvier 2011 (dépression Vania et Zelia ainsi que le phénomène la Niña) ainsi que du mois de janvier 2013 (cyclone Fréda).
Ces perturbations environnementales ont une influence directe sur l'apport d'eau douce et de matières en suspension à l'embouchure des rivières dans la baie de Prony. Les conséquences sont une anomalie négative de salinité, une anomalie positive de températures et une anomalie positive de turbidité. Ces trois facteurs peuvent être en partie à l'origine d'un affaiblissement des coraux (blanchissement, diminution de la croissance corallien, stress).
→ **Des augmentations de croissance** sont marquées en septembre 2010, en octobre 2011 et en octobre 2012. Les colonies affaiblies depuis plusieurs mois enregistrent une augmentation du taux de croissance durant l'hiver austral (saison sèche et saison fraiche).

De la même manière, **les dernières recrues (colonies A et D)** ont une croissance très importante durant leur première phase de croissance (à partir de novembre 2009) mais à la suite de la dépression Jasper de février 2010, les colonies subissent un fort ralentissement de croissance jusqu'en avril 2010.

D'autre part, à la suite du rétablissement dit « normal » des paramètres environnementaux, le taux de croissance des colonies a augmenté. On remarque donc que la croissance n'est pas linéaire durant l'année et que les périodes hivernales sont plus favorables au développement des colonies de *Pocillopora damicornis*.

D'un point de vue général, les courbes de croissance (cf. figure 191) ont relativement les mêmes tendances entre les différentes colonies. Cependant l'emplacement des colonies sur les piquets va jouer un rôle déterminant dans leur édification. Cette différence peut être mise en évidence par le positionnement des colonies les unes par rapport aux autres sur les piquets :

- Les colonies A et E sont les plus développées, elles sont positionnées aux sommets des 1er et 3ème piquets où elles ont le plus de place pour s'édifier ;
- La colonie G est à proximité de la colonie F sur le 3ème piquet : les deux colonies s'édifient l'une à côté de l'autre donc : elles vont se gêner mutuellement dans leur développement (lutte chimique et variabilité du développement intra-spécifique) ;
- La colonie D s'édifie toute seule sur le piquet X : sa croissance est très rapide le premier semestre puis redevient dans des proportions dites « normales » par la suite.

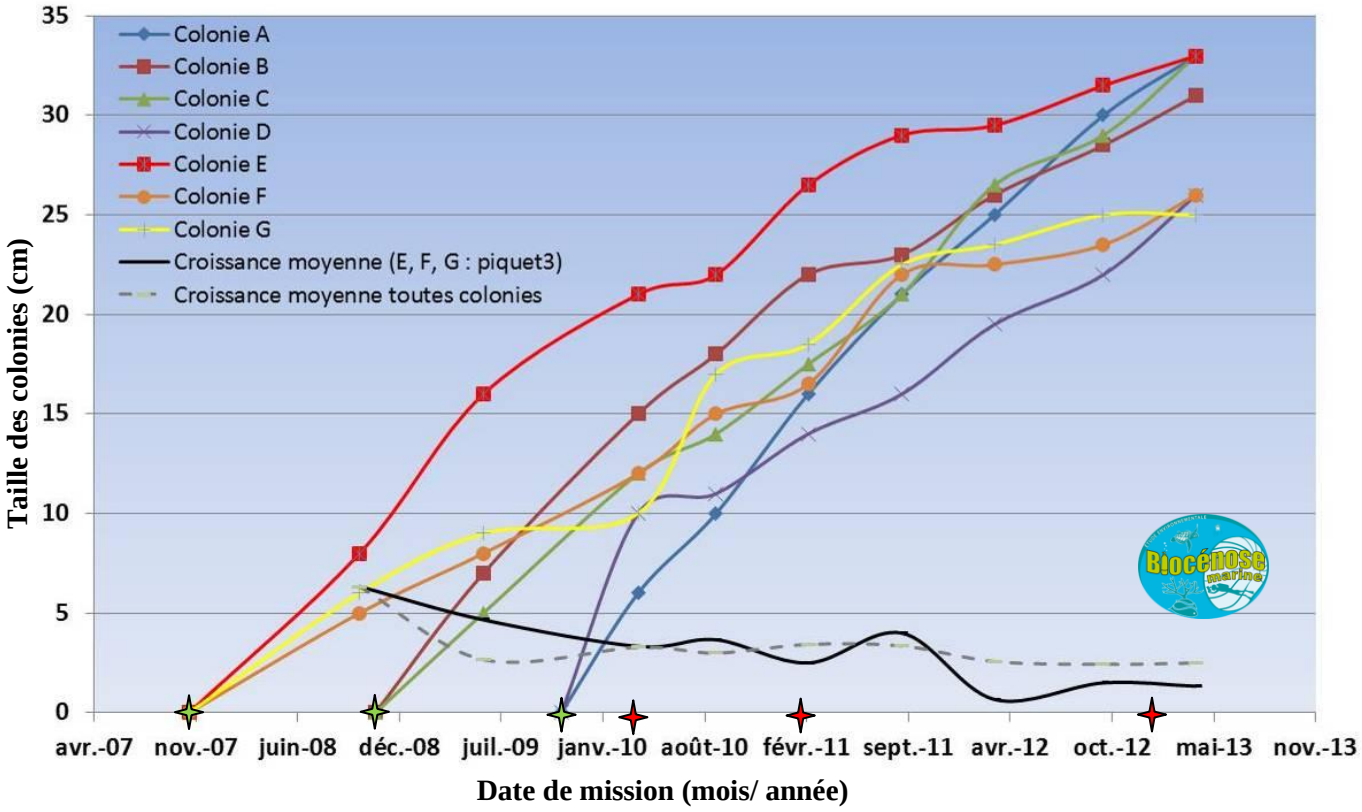


Figure n°191 : Courbes de croissance des colonies coralliennes fixées sur les piquets du transect A de la station 01

Les trois croix vertes indiquent les phases de ponte de novembre 2007, novembre 2008 et novembre 2009.
Les croix rouges indiquent les grandes phases dépressionnaires de Jasper (février 2010), Vania, Zelia et la Niña (janvier 2011), Fréda (janvier 2013)

L'édification corallienne va être la plus importante durant le stade juvénile, puis va diminuer progressivement au fur et à mesure du temps avec des fluctuations saisonnières.
Durant l'année la croissance de *Pocillopora damicornis* n'est pas linéaire, la période hivernale (saison sèche et saison fraiche) a l'air plus favorable à la construction de l'exosquelette carbonaté. Puis la période estivale (saisons humide et chaude) induit des anomalies de salinité, températures et turbidité dans l'environnement

ce qui va stresser les colonies coralliennes dites adultes. De plus, ces anomalies sont encore plus accentuées lors des phénomènes dépressionnaires ou climatiques durant l'été austral.
Cependant, au début de la saison estivale se produit le phénomène de ponte corallienne (généralement le mois de octobre à décembre selon le positionnement des récifs) et la croissance des colonies juvéniles va être très rapide (1ère phase de croissance).
Les variations de croissance entre individu sont également bien remarquables, elles vont être induites par :

- le positionnement propre de chaque colonie,
- la compétition spatiale (le positionnement des colonies les unes par rapport aux autres),
- la sensibilité propre de chaque colonie aux conditions environnementales.

8 Conclusion

Les zones d'étude de la baie de Prony, du canal de la Havannah et du canal Woodin sont sous l'influence potentielle de l'usine Vale Nouvelle-Calédonie. Le suivi environnemental de la faune et de la flore récifale depuis 2007 montre que l'ensemble de la zone est très diversifiée et est également sous influence de facteurs perturbateurs naturels (houle, ressac, turbidité, dessalure) ainsi que des évènements climatiques (El Niño/la Niña) et dépressionnaires exceptionnels tels que Erika, Vania, Zelia et Fréda.

8.1 Le substrat

L'étude des substrats par le LIT a montré que leur composition est très variée d'une station à l'autre (ce qui est normal par rapport à la géomorphologie du récif qui diffère selon les localisations géographiques) mais aussi au sein même d'une station, avec notamment une influence certaine de la profondeur (diminution du recouvrement par les scléractiniaires et les groupes biotiques en général).
Il n'y a pas à relever de grandes variations temporelles : **les pourcentages des différentes composantes sont relativement stables par rapport à la mission précédente**. Les variations, quand il y en a, sont dûes à des fluctuations du recouvrement par les sédiments du « corail mort avec algues » au détriment du sable et/ou de la vase (ST08B).
Il faut par ailleurs noter la présence nulle sur la majorité des stations des coraux blancs (que 0.5% pour un seul transect : ST03C).
Il y avait par contre plus de cyanobactéries, sans qu'un stade très alarmant soit attend, pour cette mission : (0.5% à 8.5% (ST01A) de recouvrement, touchant 14 transects sur 32). Cet indicateur reste à surveiller précisément.

8.2 Les communautés benthiques

8.2.1 Les coraux

8.2.1.1 La Richesse Spécifique Corallienne

→ L'échantillonnage montre de grande disparité de composition et de biodiversité entre les trois sites mais le plan d'échantillonnage est très disparate dans la zone d'étude (8 stations : canal de la Havannah, 3 stations : baie de Prony et 1 station seulement dans le canal Woodin).

→ La zone est très diversifiée et composées de quelques espèces peu communes (caractéristiques de la vulnérabilité).

→ **En début d'année 2013,** les récifs ont subi à nouveau des perturbations
1) d'ordre sédimentaire pour les récifs proches de l'embouchure du Creek baie nord et du Port,
2) d'ordre mécanique pour les transects les plus exposés aux agents hydrodynamiques dans le canal de la Havannah (cyclone Fréda). Cependant, si les récifs sont régulièrement soumis au ressac, à la houle et aux courants de marée, les espèces sont adaptées et résistent mieux aux perturbations cycloniques (ST09).

→ Les stations de la baie de Prony ne permettent pas d'enregistrent les perturbations causées par la dessalure des eaux de surface car les transects sont installés trop en profondeur (problème du plan d'échantillonnage).
Les dégradations les plus remarquables sur les stations de suivi sont induites par les épisodes sédimentaires.

→ Les récifs les moins exposés aux agents hydrodynamiques tendent à se régénérer au fur et à mesure des missions de suivi (résilience apparente).

La croissance apparente de la diversité corallienne de 2009 à 2013 est bien réelle avec des perturbations localisées d'ordre cyclonique en début d'année 2011 et 2013.

L'étude comparative d'occurrence (abondance et diversité) des espèces corallienne, permet d'appréhender la résilience et les dégradations à travers le recrutement, la mortalité et le blanchissement.

8.2.1.2 Le recrutement corallien

Suite aux évènements dépressionnaires, le recrutement (nouvelles espèces et augmentation de l'abondance) concerne particulièrement les transects situés dans les stations protégées de la baie de Prony et du récif de Ioro ainsi que les stations du canal de la Havannah soumises toute l'année aux agents hydrodynamique (Bancs Kié et Toémo). Ces dernières stations présentent des assemblages coralliens tout à fait adaptés aux agents hydrodynamiques intenses.

→ Les récifs coralliens ont tendance à se diversifier dans le temps (résilience apparente malgré les perturbations cycloniques).

8.2.1.3 La mortalité corallienne

La mortalité corallienne des récifs de la baie de Prony est modérée et induite principalement par la sédimentation puis le développement de cyanobactéries. La sédimentation n'est pas régulière et principalement liée aux précipitations et au ruissellement qui charrient les particules sédimentaires aux embouchures des creeks et rivières. D'autre part, la dessalure des eaux de surface entraine également une mortalité importante sur la bordure littorale peu profonde mais ces perturbations ne sont pas enregistrées dans le suivi des 3 stations de la baie de Prony (problème de positionnement des transects).

La mortalité corallienne des récifs du canal de la Havannah et Woodin est particulièrement élevée et induite par l'effondrement et l'accumulation des débris coralliens. Les couloirs les plus dégradés sont dans le dans le canal de la Havannah. Des effondrements de débris ont lieux lors des évènements dépressionnaires sur l'ensemble de la pente récifale puis au fur et à mesure du temps ces débris sont remobilisés par la houle et le ressac puis s'accumulent progressivement en bas de pente (deuxième phase de dégradation plus longue dans le temps).

La station ST08 (Puka) est très dégradée par le développement de cyanobactéries et de turf algal. De plus de nombreuses colonies (mortes en place) montrent les signes distinctifs de maladies (bandes blanches et anomalies de croissance).

8.2.1.4 Le blanchissement corallien

En avril 2013, les constatations montrent que les récifs ont subies à nouveau de nombreuses séquelles suite à l'évènement dépressionnaire Fréda du début d'année 2013. Le blanchissement corallien concerne de nombreuses espèces mais le recouvrement observé sur les transects du réseau de suivi est relativement faible et concerne des colonies isolées. Pour le canal de la Havannah et dans une moindre mesure le canal Woodin les perturbations sont d'ordre mécanique et relèvent de l'arrachement et de l'effondrement des débris coralliens. Pour la baie de Prony les perturbations sont d'ordre sédimentaire, les particules terrigènes charriées par les creeks et rivières ont été beaucoup plus importantes durant la période cyclonique.

Hors les perturbations sont beaucoup plus étendues en baie de Prony. Le cyclone Fréda a entrainé une grande anomalie négative de dessalure des eaux de surface en début d'année 2013. Ainsi l'ensemble des récifs littoraux compris dans les petites profondeurs (0 à 3 m) de la baie de Prony ont été gravement perturbés par le phénomène de blanchissement [07] mais ces données ne sont pas enregistrées par le réseau de suivi biologique car les transects sont tous implantées sous 5 m de profondeur (en dehors de l'influence de l'eau saumâtre).

→ De nouvelles stations devraient être installées dans les zones peu profondes de la baie de Prony sous influence direct des évènements naturels et des activités anthropiques.

8.2.1.5 Les maladies coralliennes

Les maladies coralliennes (bande blanche et anomalies de croissance) n'épargnent pas la zone d'étude. Elles sont observées dans des proportions modérées en baie de Prony et le canal Woodin, où elles affectent essentiellement les colonies d'*Acropora* tabulaires.

Par contre, elles sont relativement abondantes et affectent plus d'espèces coralliennes dans les zones

préalablement dégradées du canal de la Havannah.
La station ST08 (Puka) est particulièrement perturbée par la maladie de la bande blanche et les anomalies de croissance. Depuis deux années, les colonies blanchissent puis meurent en place. Cette station présente une chute de la diversité et du recouvrement corallien en rapport étroit avec ce phénomène.

8.2.2 Les invertébrés

L'assemblage spécifique est composé principalement par les mollusques, les alcyonaires et les spongiaires puis dans une moindre mesure par les astéries et les holothuries, les échinides. Les ascidies sont également très diversifiées dans le canal de la Havannah.
La richesse spécifique totale des invertébrés gardent une tendance générale cependant de nombreuses fluctuations spécifiques au sein de chaque groupe et par transect sont observables selon les missions.
L'amélioration du protocole n'est pas la seule raison de l'évolution de la richesse spécifique des invertébrés. La prédation et surtout la grande mobilité des organismes benthiques sont également à l'origine de variations de diversité d'une mission à l'autre.

Lors d'évènements d'une ampleur exceptionnelle telle qu'une dépression ou cyclone, les organismes mobiles sont généralement balayés par les agents hydrodynamiques (canal de la Havannah) et perturbés par la dessalure des eaux de surface et la sédimentation (baie de Prony). De plus, les organismes les plus mobiles descendent se protéger dans les niveaux bathymétriques les plus profonds.

Les inventaires spécifiques des invertébrés montrent également que la recolonisation se fait dans le semestre suivant (périodicité semestrielle des missions de suivi biologique). Le récif ne met pas très longtemps pour être recolonisé (souvent à la défaveur des coraux qui ont une capacité de développement plus lente).

8.2.2.1 Les principales espèces cibles

Les phénomènes de <u>proliférations permanentes</u> n'ont pas été constatés.

→ **Les cyanobactéries** se développent particulièrement pour les stations ST01A, ST06B&C, ST07B&C, ST08A, ayant subi de grandes perturbations en début d'année 2013. Leur expansion concerne les nouveaux débris coralliens et les colonies coralliennes retournées (grandes surfaces plurimétrique).
On observe également des cyanobactéries pour les autres stations mais dans des proportions beaucoup plus faibles.

→ **Les astéries corallivores** prédatrices de corail (*Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae*) sont absentes pour cette dernière mission.

→ **Les mollusques corallivores** (ex : *Drupella cornus* et *Ovula ovum*) sont absents, ils n'ont pas profité de la phase de dégradation corallienne pour se développer dans les couloirs du réseau de suivi biologique. Cependant l'espèce *Coralliophila violacea* apparait dans toutes les stations (sauf STt03 et ST08) dans des proportions relativement faibles.
On constate également la recolonisation de *Charonia tritonis (*toutoute) en ST02B et ST07A. Ce gastéropode est le principal prédateur des *Acanthaster planci*.

→ **Les éponges encroûtante *Cliona orientalis* et *C. jullienei*** sont abondantes dans toute la zone d'étude. Leur expansion est en relation avec les dégradations coralliennes (débris, coraux retournés et elles supportent bien la sédimentation). **<u>Leur développement est à surveiller avec une grande attention.</u>**

8.2.3 Les macrophytes

Généralement le nombre d'espèces de macrophytes d'un milieu variera peu car il reste toujours quelques thalles, c'est plutôt l'abondance ou le recouvrement qui va évoluer selon les saisons.

L'algue rouge *Asparagopsis taxiformis* montrent les plus grandes variations saisonnières de diversité et de recouvrement. Cette espèce aurait un caractère envahissant (cf. § 5.4) durant l'été austral sur les récifs du

canal de la Havannah et elle pourrait entrainer des perturbations sérieuses sur les coraux durant cette période (compétition spatiale non négligeable).

Ll'algue brune du genre *Lobophora* se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony. Ce genre pourrait également avoir des caractéristiques d'une espèce envahissant.

La périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes. Les missions semestrielles septembre/octobre et de mars/avril ne permettent pas d'appréhender les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement.

→ Un suivi photographique des macrophytes avec des quadras sur une période trimestrielle serait plus adéquat pour identifier l'ensemble des variations et surtout les amplitudes maximales et minimales de diversité et d'abondance.

8.2.4 Les espèces exogènes / envahisantes

Les activités minières et industrielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie **génèrent un haut niveau de risque d'introduction, d'installation et de diffusion d'espèces exogènes** notamment par l'importance du trafic de marchandises (en particulier via le port international de Prony) et par les nombreuses voies de pénétration ouvertes dans les milieux naturels

A ce jour, aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique.

L'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année (depuis le suivi d'août 2007), ne présentent pas de manière permanente, d'anomalie caractéristique d'espèce envahissante qui pourraient nuire à l'environnement.

Cependant, une attention particulière doit être portée sur l'évolution du recouvrement de deux genres de macrophytes (***Asparagopsis*** **dans le canal de la Havannah et** ***Lobophora*** **en baie de Prony)** (cf. § 5.4). La compétition spatiale entre ces algues et les coraux est très importante.

Si les conditions environnementales venaient à évoluer (augmentation de la turbidité en baie de Prony) à la défaveur des coraux scléractiniaires, l'espèce *Lobophora variegata* pourrait rapidement prendre le dessus et se répandre sur de grande surface des récifs et les communautés coralliennes associées. Les proliférations de macro-algues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

A ce jour, le réseau de surveillance biologique détecte principalement des anomalies lorsque des évènements dépressionnaires se manifestent.
En effet la zone d'étude enregistre, pour les stations des trois sites, des dégradations qui sont proportionnelles à l'intensité et à l'exposition des agents hydrodynamiques et météorologiques (précipitations et vents) :

- Les perturbations sont d'ordre mécanique dans le canal de la Havannah (houle, ressac et courants de marée) et dans une moindre mesure dans canal Woodin (courants de marée). Une attention particulière doit être portée pour la station ST08 (Puka) qui présente les signes distinctifs d'un récif en dégénérescence (chute de la diversité, maladies coralliennes, développements de cyanobactéries et de turfs algal).

- Les perturbations sont principalement d'ordre sédimentaire en baie de Prony (précipitation, ruissellement, et sols dénudés). Une attention particulière doit être portée à l'augmentation de particules sédimentaires charriées ou remobilisées dans la baie. En effet, on constate une sédimentation et une mortalité importante pour la station ST02 (Creek baie nord) et pour la station ST03 (Port).

De plus, ces dégradations varient également selon les niveaux bathymétriques (exposition variable selon la profondeur). Dans ce contexte il apparait que l'ensemble des récifs littoraux peu profond de la baie de Prony ne sont pas incluent dans le réseau de suivi alors que la dessalure des eaux de surface et les panaches turbides

entrainent de nombreuses dégradations sur l'ensemble des biocénoses benthiques. La dessalure des eaux de surface est induite par les fortes précipitations.
D'autre part, la réponse de l'état de santé des colonies coralliennes peut être décalée selon les missions et entre les trois sites. En effet, ces derniers sont soumis à des paramètres environnementaux très distincts qui perturbent les communautés récifales sur des échelles spatiales et temporelles différentes.

Lors des évènements dépressionnaires (début 2011 et 2013), les colonies coralliennes de Prony ont été perturbées sur une plus longue période de temps (dégradation lente) mais avec un stress beaucoup moins brutal que la destruction mécanique induite par les agents hydrodynamiques dans le canal de la Havannah et dans une moindre mesure du canal Woodin (dégradations directes).
Ainsi les dégradations mécaniques sont visibles dès que les paramètres environnementaux sont redevenus « normaux » alors que les dégradations induites par la sédimention et la dessalure sont plus longues à déterminer car les colonies coralliennes peuvent être en état de latence et leur survie est encore possible sur une échelle de 2 à 3 mois (résilience).

Il apparait également qu'au fur et à mesure du temps, dans le canal de la Havannah, les nombreux débris soient à nouveau remobilisés aux grés de la houle et du ressac permanent, induisant ainsi une deuxième phase de dégradation mécanique dans les niveaux bathymétriques inférieurs (dégradations indirectes). A cette deuxième phase de dégradation (plus faible que la précédente) peuvent également s'ajouter des proliférations de cyanobactérie et une compétition spatiale conséquente entre les macrophytes, les spongiaires (Cliones) et les coraux (ex : octobre 2012). De plus, de nombreux invertébrés mobiles (mollusques et échinodermes) profitent de la remobilisation des débris pour venir se nourrir.

Ainsi lors d'évènements perturbateurs intenses, les différents niveaux bathymétriques d'un récif ne sont pas dégradés sur la même échelle spatio-temporelle. Les dégradations sont importantes sur les récifs les plus exposés (mars 2011 et avril 2013) mais elles peuvent également se répartir dans le temps sur le reste des récifs par des perturbations en chaine ou indirectes (octobre 2011 à octobre 2012).

De la même manière, lorsque les conditions environnementales redeviennent à la normale, la résilience du récif est décalée selon la chronologie des zones perturbées. La résilience des colonies du canal de la Havannah apparait depuis mars 2012 plus difficile que les deux autres systèmes (Prony et canal Woodin).

8.3 Les populations ichtyologiques

Les stations sont très dissemblables.
Quatre groupes de trois stations peuvent être distingués compte tenu de l'abondance des poissons :

- Celles de la baie de Prony =
  - les stations Casy, Creek baie nord et Port où l'on trouve de nombreux juvéniles et peu d'espèces de grande taille ;
- Celles du Canal, avec en ordre croissant :
  - les stations Ugo, Puka et Ioro ;
  - les stations Toémo, Bancs Kié et Basse Chambeyron ;
  - les stations Woodin, Ionontea et Ilot Kié, ces trois dernières étant remarquables par le foisonnement exceptionnel de l'hychtyofaune.

Comparaison de la mission d'avril 2013 à la moyenne des précédentes

Ces quatre graphiques de la figure 206 présentent l'état de chaque station relativement à la moyenne des valeurs des quatre paramètres depuis 2007 sur cette même station.

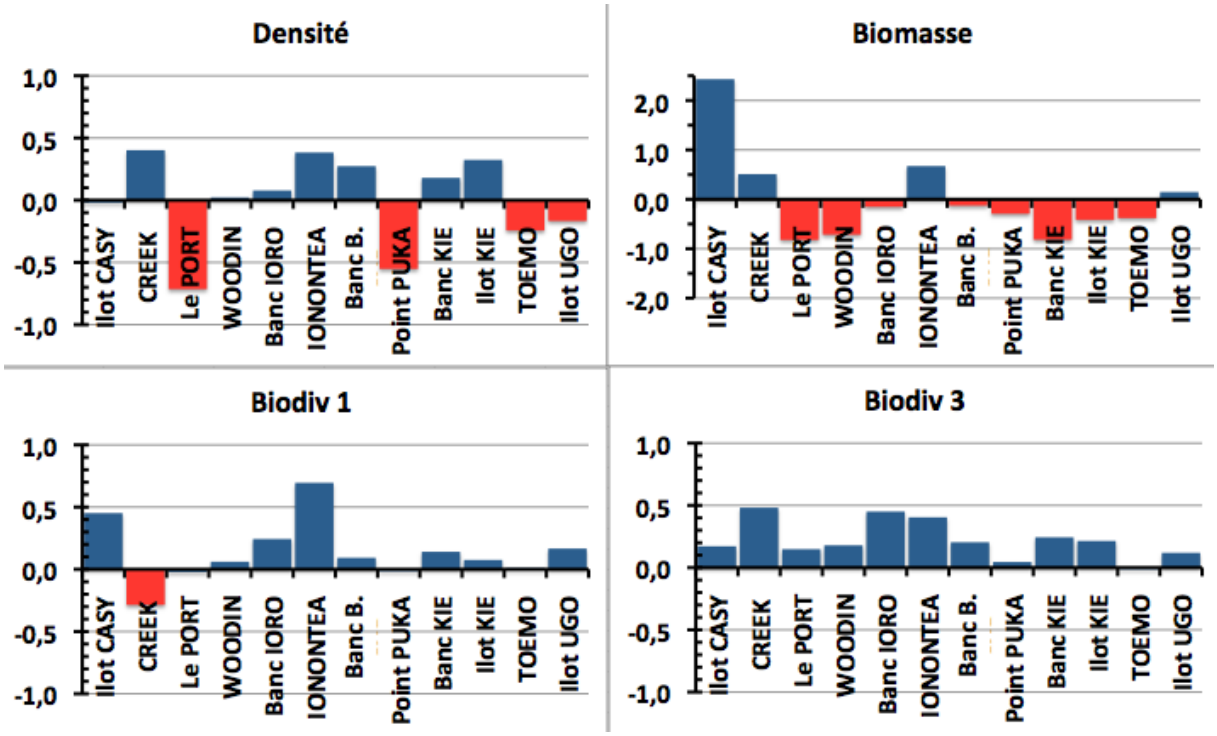


Figure n°192 : Ecarts par station des résultats d'avril 2013 avec la moyenne 2007-2012

Les stations Port, Puka, Toémo et Ugo ont une densité en poissons relativement basse :

- La densité à la station Port varie peut-être au rythme des manœuvres du remorqueur ;
- Ugo a eu récemment une importante partie de sa couverture corallienne endommagée (ancre ou mauvais temps ?) ;
- Puka et Toémo sont les seules stations côtières du Canal, leur baisse synchrone est à surveiller.

Seules 4 stations ont une biomasse relative forte, voire exceptionnellement élevée pour Casy.
La biodiversité présente des écarts positifs sur toutes les stations.

Les différences importantes entre le paramètre Biodiv.1 et les paramètres Biodiv.2 et surtout Biodiv.3, montrent que la zone des transects ne suffit pas pour rendre compte de la population de poissons, même si l'on se limite à la liste DENV.

- Indices Globaux Annuels sur la zone de 2007 à avril 2013

Une appréciation synthétique globale de qualité peut être donnée par la prise en compte des 12 stations de la zone dans une cotation comparative à 4 niveaux :

- Rouge = qualité inquiétante
- Orange = qualité moyenne basse
- Verte = qualité moyenne haute
- Bleue = qualité bonne

Chacun de ces niveaux englobe trois valeurs. Ils peuvent donc chacun en ce qui le concerne, être décliner avec encore plus de finesse selon un code interne : -, 0 et +

L'application aux 10 dernières missions est donnée dans le tableau 320.

Tableau n°320 : Classement des années

2007	**-**	**2010 b**	**-**	**2012 b**	**-**
2008	**+**	**2011 a**	**+**	**2013 a**	**0**
2009	**+**	**2011 b**	**+**		
2010 a	**0**	**2012 a**	**+**		

Ces Indices Globaux Annuels intègrent les paramètres de Densité, de Biomasse et de Biodiversité α en donnant plus de poids à ce dernier. Sous cet angle de vue, la zone est normale et peu variable depuis 2007. L'IGA a varié de 1,75 en octobre 2010 à 3,00 en mars 2011. Il s'agit de deux missions successives ce qui semble indiquer que les baisses de qualité, comme les hausses, ne sont pas, pour l'instant, durables et sont probablement dues à des facteurs naturels.

Toutes les observations et photographies de ce document ont été réalisées du 05 au 18 octobre 2012. Un réseau de suivi environnemental (piquets permanents) a été installé et permettra de revenir sur les mêmes sites. Les données 2012 recueillies ne peuvent en aucun cas être considérées comme pérennes. Ceci implique le renouvellement de cette étude, à six mois d'intervalle, afin de percevoir les changements éventuels.

9 Discussion

L'objectif de cette étude est d'effectuer un suivi de l'état des communautés coralliennes sur un ensemble de stations de mesures afin d'alimenter une base de données qui permettra de :

- Evaluer la variabilité naturelle des stations et d'optimiser l'effort d'échantillonnage par une étude de puissance ;
- Suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles du projet Goro Nickel (Vale Nouvelle-Calédonie).

Pour ce faire, le choix des stations et des transects est primordial.

- Choix efficient des stations

Ce suivi se fait à travers l'échantillonnage de 3 thèmes (le substrat, le benthos et les poissons), de taxons cibles et de paramètres biologiques clés.

L'un de ces paramètres est le recouvrement et l'abondance/biodiversité en scléractiniaires. En effet ces coraux sont :

- les constructeurs des récifs et donc à la base de l'écosystème corallien (habitat, nourriture, …),
- sensibles aux perturbations du milieu.

Or, pour pouvoir suivre l'évolution des colonies de coraux (par le LIT ou la métode du couloir), les stations doivent donc « naturellement » (c'est-à-dire pendant la phase de référence), posséder des taux moyens de recouvrement corallien (pouvant varier, dans les deux sens).
En effet, une station possédant un taux de recouvrement proche de « 0 » ne pourra voir ses pourcentages qu'augmenter, et ne pourra pas servir de marqueur si une dégradation se produit. A l'inverse, des taux trop élevés ne pourront que diminuer.

Il est donc recommandé de choisir pour ce type d'étude des stations possédant entre 30 et 60% de recouvrement corallien.

Pour la mission d'avril 2013, la moyenne de recouvrement des scléractiniaires est de 18.5% (légère hausse par rapport à octobre 2012 : 18.1%) (tableau 327 annexe 04).
Cela varie de 1.5% (ST05C et ST07C) pour les plus faibles à 49% (ST10A) pour les plus fortes.
Le déplacement / ajout de certaines stations ou transects, pendant qu'il en est encore temps (avant le démarrage définitif de l'usine) est à étudier.

- Choix efficient des transects et réplicats

Les transects fixes existants (trois théoriquement pour chaque station) permettent, sous réserve d'être échantillonnés exactement au même endroit chaque année, de quantifier la stabilité ou non de la zone, **mais considérée globalement**.
C'est un suivi global, dans le temps, car c'est la « différence annuelle » qui sert de variable aléatoire. La variable statistique sera donc l'ensemble des différences « année n-1/année n » obtenues à chaque station, chacune des stations donnant donc une valeur et une seule, à cette variable.

Pour permettre un suivi statistique temporel station par station, il faut une variable aléatoire par station. Pour ce faire, l'échantillonnage de transects en réplicats aléatoires - en plus des transects existants - est nécessaire.

La mise en œuvre de ces réplicats est donc à étudier, car ils permettront d'une part d'affiner la probabilité de l'avis donné pour l'ensemble de la zone (dans le temps), et d'autre part de préciser (dans l'espace) s'il y a des différences spatiales et donc juger de ces différences le long d'un gradient d'éloignement des sources potentielles de pollution de manière à préciser si, dans le cas où l'on détecterait des variations, ces variations sont dues ou non à l'usine.

10 Recommandations / Améliorations

L'équipe qui a effectué ce travail possède de solides connaissances dans le domaine de l'échantillonnage et en particulier sur la résolution des problèmes sur le terrain, qui peuvent entacher les résultats finaux.
Pour faciliter tant le travail terrain qu'ensuite le traitement des données, un certain nombre de recommandations est donné dans ce paragraphe.

10.1 Améliorations propres à ce suivi

- Marquage des piquets

La méthode de suivi temporel statistique retenue par Vale Nouvelle-Calédonie, exige que les échantillonnages soient toujours réalisés sur les mêmes zones.
Cette précision implique la matérialisation physique de la station sous l'eau.
Or, les conditions en mer ne sont pas toujours favorables et de plus, de nombreuses études ont été réalisées dans la zone, ce qui laisse plusieurs autres piquets de marquage, en sus de ceux devant être trouvés (exemple : photographie 32).

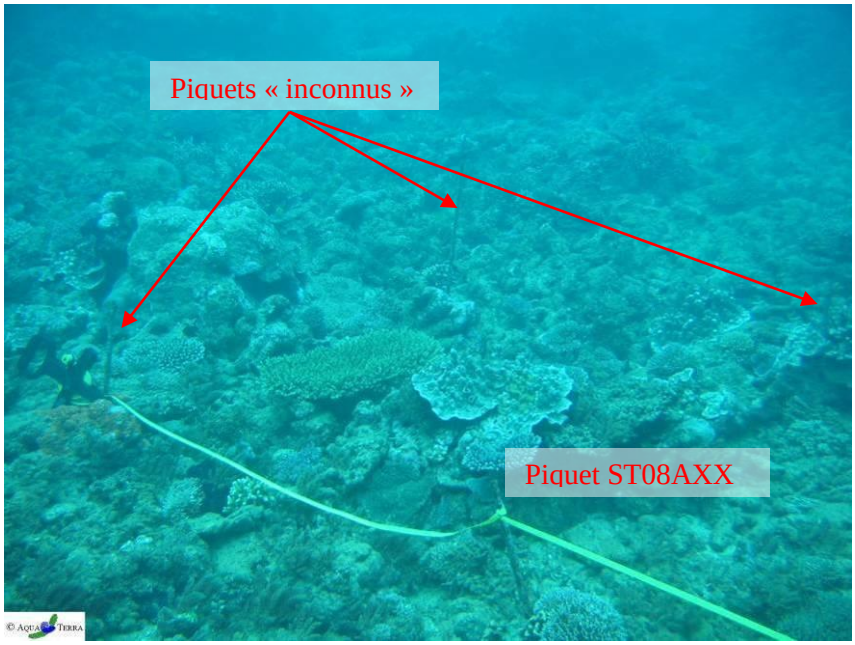


Photo n°32 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat

Pour mieux retrouver les stations devant être étudiées et donc les bons piquets (pour éviter notamment la perte de temps et diminuer les risques de dérouler le ruban sur un mauvais piquet), nous proposons de faire marquer les piquets à la prochaine campagne.
Cette identification pourrait être une étiquette (métallique, plastique) poinçonnée, avec un code correspondant à chaque piquet, du type : numéro de la station, lettre du transect, métrage sur le transect (en lettre romaine pour éviter de confondre avec la profondeur)
Exemple comme pour la photographie 32 : c'est le piquet de fin du transect le plut haut station Puka = ST08AXX.

- Positionnement et description des stations

Toujours pour permettre de mieux retrouver les stations et de s'orienter dans l'eau, nous proposons depuis plusieurs années de faire réaliser un schéma - horizontal - descriptif de chaque station (exemple succinct figure 193).
En effet, ce type d'outil permet, une fois arrivés sur zone avec le GPS et qu'un 1er piquet est trouvé (surtout

s'il est identifié), de savoir exactement où on se positionne sur la station et d'aller alors directement à la bonne profondeur et dans la bonne direction pour dérouler les rubans métrés.

Ce type de schéma doit comporter : la disposition des transects, des piquets, des points remarquables du paysage, le sens de déroulement des rubans, les profondeurs, etc. avec un métré le plus précis possible et les orientations.

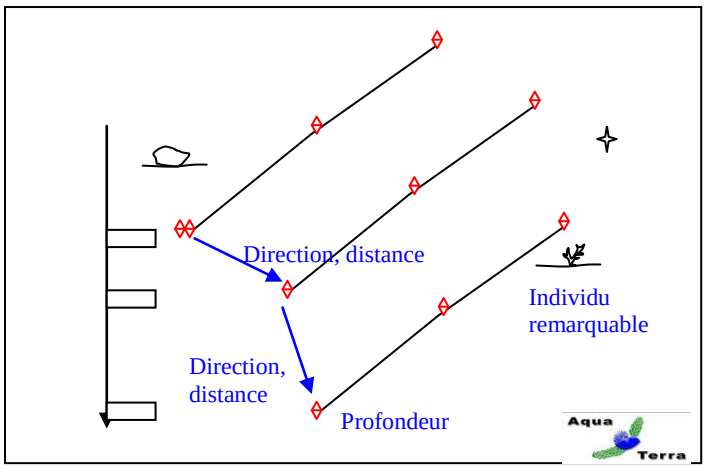


Figure n°193 : Exemple de schéma descriptif d'une station

Cet outil (associé au marquage des piquets) serait particulièrement utile pour permettre à d'autres équipes de retrouver les sites. Car à l'heure actuelle pour des intervenants nouveaux, il est quasiment impossible de retrouver tous les transects avec la seule indication du point GPS surface.
Cela conférerait à Vale Nouvelle-Calédonie une autonomie certaine pour les missions terrain.

Pour faciliter notre travail et augmenter sa qualité, nous avons commencé à réaliser, bénévolement, ce travail. Ces différents schémas devront bien sur être améliorés/précisés au cours des missions futures.

10.2 Améliorations au cahier des charges

Avec le recul de plusieurs campagnes (avec celles de suivis et les autres, une quinzaine en tout), le cahier des charges, qui date de 2006, devrait être revu.
Des améliorations pourraient être apportées, sur la méthodologie, dont :

- Nombre et emplacement des stations

Le nombre de station n'est pas suffisant dans le réseau de suivi biologique : La biodiversité de chaque site est dépendantes des conditions du milieu mais également du nombre de stations que l'on échantillonne car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospecté).
La diversité entre les trois sites est très contrastée mais le plan d'échantillonnage est également très disparate dans la zone d'étude car 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

Par ailleurs, la baie de Prony et le canal Woodin renferme une multitude de biotopes très vulnérables qui ne sont pas explorés dans le cadre de cette étude. Il faudrait donc compléter l'échantillonnage en positionnant des stations supplémentaires dans ces deux sites

Les récifs littoraux de la baie de Prony ne sont pas considérés dans le réseau de suivi : il apparait un autre problème dans le plan l'échantillonnage de la baie de Prony. Les récifs de cette baie sont régulièrement influencés/dégradés par la dessalure des eaux de surface et les panaches turbides sur des gradients d'éloignement des embouchures, des creeks, des rivières et des résurgences.

Lors de cyclones, ces anomalies sont d'autant plus accentuées. Le cyclone Fréda a entrainé une grande anomalie négative de dessalure des eaux de surface en début d'année 2013. Les précipitations ont été très abondantes et le vent a concentré les masses d'eau douce au fond des différentes rades. Ainsi l'ensemble des récifs littoraux compris dans les petites profondeurs (0 à 3 m) de la baie de Prony ont été gravement perturbés par le phénomène de blanchissement corallien et de mortalité des invertébrés [07].

Malheureusement ces données ne sont pas enregistrées par le réseau de suivi biologique car les transects sont tous implantées sous 5 m de profondeur (en dehors de la zone d'influence de l'eau douce de surface 0 à 3 m). A ce jour, les quelques colonies concernées par le blanchissement dans les stations de suivi général de la baie de Prony sont perturbées par la sédimentation ou la prédation des corallivores.

- La périodicité d'échantillonnage des macrophytes

Les relevés semestriels de suivi biologique ne sont pas adaptés aux cycles de développement des macrophytes. Les missions semestrielles septembre/octobre et de mars/avril ne permettent pas d'appréhender les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement des macrophytes.
Un suivi des macrophytes sur une période trimestrielle serait plus adéquat pour identifier l'ensemble des variations et surtout les amplitudes maximales et minimales de diversité et d'abondance.

De plus, une étude plus détaillée du genre *Asparagopsis* (dans le canal de la Havannah) et du genre *Lobophora* (dans la baie de Prony) serait pertinente pour une meilleure surveillance des risques potentiels d'envahissement, d'invasion, de prolifération et de dégradations sur les communautés coralliennes. Ces investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadras) afin d'évaluer leur potentielle nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace.

- Taxons cibles

Dans le cahier des charges, un certain nombre de taxons cibles ont été listés, car ils sont identifiés comme indicateurs biologiques de l'état du milieu naturel.
Ils doivent donc être échantillonnés.
Nous proposons de rajouter :

- Les **scléractiniaires** qui constituent l'habitat essentiel d'un écosystème récifal et regroupe la majorité des ressources marine tropical. Ils constituent une information capitale en terme de suivi car ils sont très sensibles aux variations de l'environnement marin et sont sessiles (fixes). On peut ainsi aisément réaliser une étude comparative en prenant en compte la richesse spécifique, l'abondance, le recrutement, la mortalité et le blanchissement **(sentinelle avancée semestrielle)** ;
- Les **alcyonaires** qui représentent un recouvrement biotique conséquent dans les stations d'études et qui sont en compétition territoriale constante avec les macrophytes et les scléractiniaires ;
- Les **cyanobactéries**, qui sont les marqueurs d'un déséquilibre du milieu (eutrophisation) et qui sont directement alors en compétition avec les coraux ;
- Les espèces particulières qui sont **prédatrices du corail** : *Acanthaster*, *Culcita*, *Drupella*, etc. ;
- Les **espèces exogènes**.

Désormais nous avons réalisé une liste d'inventaire très détaillée des biocénoses benthiques avec de nombreuses espèces cibles.

Ce travail sur ces taxons, même s'ils ne sont pas inscrits au cahier des charges imposé par le suivi règlementaire, est réalisé de façon volontaire de notre part ainsi que de celle de Vale Nouvelle-Calédonie depuis 2008.

- Prises de photographie de spécimens remarquables

Le cahier des charges ne prévoit pas la surveillance des stations par un suivi photographique, comme cela est possible par différentes méthodes.
Cependant, certains spécimens, à certaines stations étant remarquables (par leur taille, leur emplacement, leur espèce, etc.), leur identification est facilitée et leur évolution temporelle peut donc être envisagée facilement par photographie.
Nous proposons de faire établir une liste (avec leur position, et notamment sur les schémas descriptifs des stations) de ces spécimens, pour ensuite les photographier à chaque mission.

10.3 Suggestions au niveau provincial ou territorial

- Guide d'échantillonnage

L'étude de 2008 avait permis de montrer que les chiffres globaux biotiques/abiotiques de certaines stations avaient beaucoup évolué par rapport à la campagne précédente de 2007.
Cependant, cette évolution n'était pas du fait d'un changement dans la structure des fonds des stations étudiées, mais plutôt de la différence d'appréciation et d'interprétation du substrat par les opérateurs sous l'eau lors de l'échantillonnage LIT.
C'est pourquoi nous suggérons la réalisation d'un « Guide de l'interprétation des catégories pour le LIT », qui comprendrait le listing des classes, leur description précise et surtout des photos prises *in situ*, sur les stations concernées. Ce travail pourrait être entrepris au niveau de toute la Nouvelle-Calédonie (ou au moins la Province Sud) et par exemple sous pilotage de l'ŒIL.
Cela permettrait ainsi à Vale Nouvelle-Calédonie mais aussi à tous les autres intervenants (autres miniers, décideurs, etc.) de limiter les risques d'interprétations différentes selon les échantillonneurs et d'obtenir une base de données générale et comparable.

Ces outils seraient d'une aide précieuse dans le bon déroulement des futures missions, tant sur le plan de la sécurité des opérateurs, que sur la qualité des données récoltées.

11 Sources

Les différentes sources ayant servie à la rédaction du rapport sont présentées ci-dessous, avec, le cas échéant, les numéros qui rappellent les références citées dans le texte de cette étude.

	A2EP, 2007. Rapport final pour le "Suivi de l'état des communautés coralliennes en baie de Prony et canal de la Havannah". Projet Goro Nickel. Mission Août 2007. Document : A2EP 037/07/E/NR – Version 01. 128p
	Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche n° 19 : Abondance des colonies coralliennes. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nikel et son environnement, pages 152-153
	Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche 20 : Recouvrement corallien. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nikel et son environnement, pages 154-155
	Andréfouët S., Torres-Pulliza D., 2004. Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa, Avril 2004, 26p + 22 planches
8	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission Octobre 2008. Contrat 1996. Document : AquaTerra_Rap_047-08_V02. 222p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission Octobre 2008. Contrat 1996. Document : AquaTerra_AtlasPho_047-08_V01. 96p
11	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission 1, avril 2009. PO E13690. Document : AquaTerra_Rap_009-09_V02. 176p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2009. PO E13690. Document : AquaTerra_AtlasPho_009-09_V01. 104p
12	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission 2, juin 2009. PO E15217. Document : AquaTerra_Rap_018-09_V03. 182p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. PO E15217. Document : AquaTerra_ AtlasPho _018-09_V01. 96p
15	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Contrat 1996 av1. Document : AquaTerra_Rap_006-09_V01. 256p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Contrat 1996 av1. Document : AquaTerra_AtlasPho_006-09_V01. 190p
13	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission 3, décembre 2009. PO E18597. Document : AquaTerra_Rap_048-09_V02. 205p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission décembre 2009. PO E18597. Document : AquaTerra_AtlasPho_048-09_V01. 98p
16	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission mars-avril 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_064-09_V01. 271p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission mars-avril 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_064-09_V01. 180p
14	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission 4, avril 2010. PO E29830. Document : AquaTerra_Rap_019-10_V01. 205p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour "Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2010. PO E29830. Document : AquaTerra_ AtlasPho _019-10_V01. 96p
17	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission septembre 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_058-10_V01. 276p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission septembre 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_058-10_V01. 200p

18	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_001-11_V01. 320p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_001-11_V01. 210p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_040-11_V01. 342p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_040-11_V01. 211p
19	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2012. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_006-12_V01. 436p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2012. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_006-12_V01. 234p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission 5, avril 2012. PO E45335. Document : AquaTerra_Rap_016-12_V01. 210p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2012. PO E453350. Document : AquaTerra_Rap_016-12_V01. 205p
20	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2012. Contrat C2415 E20545. Document : AquaTerra_Rap_041-12_V01. 496p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2012. Contrat C2415 E20545. Document : AquaTerra_AtlasPho_041-12_V01. 234p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Synthèse des données algues, Baie de Prony et canal Woodin et de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Missions de 2007 à mars 2012. PO E40362 et E40363. Document : AquaTerra_Rap_070-13_V02. 76p
	Aqua Terra : Compte rendu succinct pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, zone du Creek baie nord. Conséquences potentielles du cyclone tropical Freda sur l'étage infralittoral supérieur» Projet Goro Nickel, Vale NC. Janvier 2013. Power Point. 24p
7	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, zone du Creek baie nord » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission 6, janvier 2013. PO E54932. Document : AquaTerra_Rap_004-13_V00. 183p
	Arias-González J.E., Legendre P., Rodríguez-Zaragoza F. A., 2008. Scaling up beta diversity on Caribbean coral reefs Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 366, 28–36
	Avias J., 1959. Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. Extrait du Bul. Soc. Géo. Fr, 7è série, t.I, p 424-430
	Barrabe A., 2003. Estimation de la richesse spécifique d'un herbier de sargasses de Nouvelle Calédonie. Rapport de stage (IRD), non publié, 22p
	Bellwood D.R., Hughes T.P., 2001. Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. Science 292, 1532–1534
	Bellwood D.R., Hughes T.P., Connolly S.R., Tanner J., 2005. Environmental and geometric constraints on Indo_Pacific coral reef biodiversity. Ecology Letters 8, 643–651
	Bemvenuti C. E., Rosa-Filho J. S., Elliott M., 2002. Changes in soft-bottom macrobenthic assemblages after a sulphuric acid spill in the Rio Grande Harbor (RS, Brazil). Braz. J. Biol., 63(2): 183-194, 2003. 12p
	Cabioch G., 1988. Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique. Publications de l'Université de Provence (ed.), Aix en Provence : 291 p. + 25 planches-photos
	Cabioch G., Payri C. & Pichon M., 2002. Mission Nouvelle-Calédonie. Octobre–novembre 2001. Forages îlot Bayes. Morphologie générale et Communautés algo-coralliennes. In : Cabioch G., Payri C., Pichon M., Corrège T., Butscher J., Dafond N., Escoubeyrou K, Ihilly C., Laboute P., Menou J.L. & Nowicki L., 2002. Forages sur l'Ilot Bayes sur le récif barrière de Poindimié (côte Est de Nouvelle-Calédonie) du 7 septembre au 27 octobre 2001. Rapports de mission, Sciences de la Terre, Géologie - Géophysique, Centre de Nouméa, n° 47 : 22 p. + annexes
	Catala R., 1950. Contribution à l'étude écologique des îlots coralliens du Pacifique Sud. Bull. Biol. France, Belgique, t. 84, p.234- 310, pl. 1-2, 11 fig. Paris
	Catala R., 1958. Effets de fluorescence provoquée sur des coraux par l'action des rayons ultraviolets. C. r. Acad.

	Sci., Paris, 247: 1678-1679
	Catala R., 1959. Fluorescent effects from corals irradiated with ultra violet rays. Nature, 183 : 949
	Catala R., 1960. Nouveaux organismes marins présentant des effets de fluorescence par l'action des rayons ultraviolets. C. r. Acad. Sci., Paris, 250 (6) : 1128
	Catala R., 1964. Carnaval sous la mer. 141p. 48fig. (ed.) Sicard, Paris
	Catala R., 1992. Offrandes de la mer. 336 p. Papeete.: Ed. du Pacifique
	CEDRE, 2006. Guide d'intervention chimique, Acide sulfurique. 64p
	Chauhan V. D. & Krishnamurthy V., 1967. Observations on the output of zoospores, their liberation, viability and germination in *Sargassum swartzii* (Turner) C. Ag.; Proceedings of the seminar on sea salt and plants, CSMCRI, Bhavnagar, pp. 197–201
	Chauhan V. D. & Krishnamurthy V., 1967. Ecology and seasonal succession of *Sargassum swartzii* (Turner) C. Ag. in Indian waters; Phykos 10 1–11
	Chauhan V. D., 1972. Physiological ecology of the early stages of *Sargassum swartzii* (Turner) C. Ag.; *Bot. Mar.* 15 49–51
	Chauhan V. D. & Mairh O. P., 1978. Report on the survey of marine algae resources of Saurashtra coast; Salt Res. India 14(2) 21–41
	Chevalier J.P., 1964. Compte-rendu des missions effectuées dans le Pacifique en 1960 et 1962 (Mission d'étude des récifs coralliens de Nouvelle Calédonie). Cah. Pac., 6 : 172-175
	Chevalier J.P., 1968. Géomorphologie de l'île Maré. Les récifs actuels de l'île Maré. Les Madréporaires fossiles de Maré. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. 3 : 1-155
	Chevalier J.P., 1971. Les Scléractiniaires de la Mélanésie française (Nouvelle-Calédonie, "les Chesterfield, "les Loyauté, Nouvelles Hébrides). 1ère partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. 5 : 307 p
	Chevalier J.P., 1973. Coral reefs of New Caledonia. in : JONES O.A, ENDEAN R. (ed.) : Biology and geology of coral reefs. New York : Acad. Press. Vol 1, Geol. 1 : 143-166
	Chevalier J.P., 1975. Les Scléractiniaires de la Mélanésie française. 2ème partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. Vol. 7 : 407 p
	Chevalier J.P., 1980. Les coraux du lagon de la Nouvelle-Calédonie. in : DUGAS F., DEBENAY J.P. Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000. Feuille la Tontouta. Paris : ORSTOM. Not. Explic., 86 : 17-22
	Chorus I. & Bartram J., 1999. Toxic Cyanobacteria in Water : A guide to their public health consequences, monitoring and management. Geneva :World Health Organization, 416
	Condit R., Pitman N., Leigh Jr. E.G., Chave J., Terborgh J., Foster R.B., Núñe, P., Aguilar S.,Valencia R., Villa G., Muller-Landau H.C., Losos E., Hubbell S.P., 2001. Beta-diversity in tropical forest trees. Science 295, 666–669
	Dagnelie P., 1975. Théorie et méthodes statistiques, Les Presses Agronomiques de Gembloux, (Vol II) 463 p
	Davis T.A., Volesky B. and Mucci A., 2003. A revue of biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. Wat. Res., 37: 4311-4330
	Dietrich D.R., 2001. Détecter les cyanotoxines des eaux. Biofutur, 209, 44-47
	Direction de l'Environnement, 2013. Rapport de visite : Mortalité anormalement élevée de spécimens marins en Baie Nord, sise commune du Mont-Dore. 12/01/13. 6p
	Dooley J. K., 1972. Fishes associated with the pelagic *Sargassum* complex, with a discussion of the *Sargassum* community; Contrib. Mar. Sci. 16 1–32
1	English S. and al., 1997. Survey manual for tropical marine resources (2nd Edition). Australian Institute of Marine Science. 390p
	Faure G., Thomassin B., Vasseur P., 1981. Reef coral assemblages on the windward slopes in the Noumea Lagoon (New Caledonia). Proc. 4th int. Coral Reef Symp., Manila, 18-22 May 1981. 293-301
5	Fisk D. 2009 Best practice for LIT survey. Coral list Vol4 Issue 28
	Fogg G.E., 1975. Algal cultures and Phytoplancton ecology. 2e éd., Univ. Wisconsin in Press.. Madison and Milwaukee, 3-175
10	Friedman M., 1937. The use of ranks to avoid the normality implicit in the analysis of variance. J. Amer. Statist. Ass. (32) 675-701p
	Frontier S., 1982. Réflexions pour une théorie des écosystèmes. Bull. Ecol. 8 (4) : 445-464
	Gabrié C., Cros A., Chevillon C., Downer A. 2005. Analyse Eco-régionale marine de Nouvelle-Calédonie. Atelier d'identification des aires de conservation prioritaire. 112p
	Gardiner J.S., 1899. On the solitary corals. in : WILLEY A. (ed.), Zoological results based on material from New Britain, New Guinea, Loyalty Islands and elsewhere collected during the 1895-1896 and 1897. Londres : Camb. Univ. Press. Part 2 : 161-170
	Garrigue C., 1985. Répartition et production organique et minérale de macrophytes benthiques du lagon de Nouvelle Calédonie. Thèse, Université des Sciences et Techniques du languedoc, Montpellier, 270 pp

	Garrigue C. & Tsuda R.T., 1988. Catalog of marine benthic algae from New Caledonia. Micronesico, 21, 53-70
	Garrigue C. & Di Matteo A., 1991. La biomasse végétale benthique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Résultats bruts : liste taxonomique, biomasses, pigments chlorophylliens. Arch. Sci. Mer, Biol. iiiur., ORSTOM, Nouniea, 1, 143 pp
	Godoy E.A.S. and Coutinho R., 2002. Can artificial beds of plastic mimics compensate for seasonal absence of natural beds of Sargassum furcatum? J. Mar. Sc., 59: S111 S115
	Goldman J.C. & Carpenter E.J., 1974. A kinetic approach to the effect of temperature on algal growth. Limnol. Oceanogr. 19: 756-66
	Guerloget O. & Perthuisot J.P., 1983. Le domaine paralique. Expressions geologique, biologique et économiques du confinement. Presses de l'Ecole Normale Supérieure (16) Paris: 136p
	Guille A., Menou J. L., Laboute P., 1986. Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie. Edition de l'ORSTOM. 238p
	Harada K.-I., Tsuji K. & Wanatabe M.F., 1996. Stability of microcystins from cyanobacteria. III. Effect of pH and temperature. Phycologia, 35 (6 Supplement), 83-88
	Harborne A.R., Mumby P.J., Zychaluk K., Hedley J.D., Blackwell P.G., 2006. Modeling the beta diversity of coral reefs. Ecology 87, 2871–2881
	Harmelin-Vivien M.L., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc, G. Lasserre, 1985 – Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. Revue d'Ecologie (Terre et Vie), vol. 40 : 80p
	Hatcher B.G., 1997. Coral reef ecosystems: how much greater is the whole than the sum of the parts? Coral Reefs 16, S77–S91
	Hawkins Sigrid V., 2006. "Feeding Preference of the Cushion Star, Culcita Novaeguineae in Mo'orea" (December 1, 2006). Water Resources Center Archives. Biology and Geomorphology of Tropical Islands (ESPM 107/IB 158)
	Kendrick G. A., 1994. Effects of settlement density and adult canopy on survival of recruits of *Sargassum* spp. (Sargassaceae phaeophyta); Mar. Ecol. Progr. Ser. 103 129–140
	Kendrick G. A. & Walker D. I., 1994. Role of recruitment in structuring beds of *Sargassum* spp. (Phaeophyta) at Rottnest Island, western Australia. J. Phycol. 30:200–8
	Kendrick G. A. and Walker D. I., 1995. Dispersal of propagules of *Sargassum* spp. (Sargassaceae phaeophyta) : observations of local patterns of dispersal and possible consequences for recruitment and population structure. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 192 273–288
	Kirkman H. & Kendrick G. A., 1997. Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beachcast macroalgae and seagrasses in Australia: A review; J. Appl. Phycol. 9 311–326
	Krishnamurthy V., 1967. Seaweed drift on the Indian coast. Proceedings of the Symposium "Indian Ocean"; Bull. Nat. Inst. Sci. India 38 657–666
	Kruskal W., Wallis W.A., 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association 47 (260): 583–621
3	Kulbicki M., Guillemot N., Amand M., 2005 - A general approach to length-weight relationships for New Caledonian lagoon fishes. Cybium 2005, 29 (3): 235-252
	Laboute P., 1988. The presence of scleractinian corals and their means of adapting to a muddy environment: the "Gail Bank", p. 107-111, graph., phot. - International Coral Reef Symposium, 1988/08/8-12, Townsville
	Laboute P., Grandperrin R. 2000. Poissons de Nouvelle-Calédonie, Nouméa : Catherine Ledru, 519 p
	Labrosse P., M. Kulbicki, J. Ferraris. 2001. Comptage de poissons en plongée. Conditions d'utilisation et de mise en œuvre. Ed. SPC Nouméa, Nouvelle-Calédonie. 54p
	Lasne G., 2007. Les coraux de Nouvelle-Calédonie : Synthèse bibliographique. Cellule de coordination CRISP, IRD, WWF, MNHN, EPHE. 93p
	Lasne G., Menou J.L., Geoffray C., 2006. Description des biocénoses marines et la morphologie baie de Ouémo. Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 26p
	Lasne G., Payri C, Menou J.M., 2006. Description des biocénoses marines et la morphologie à Poindimié. Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 23 p
	Lasne G., Geoffray C., Folcher E., 2007. Description des biocénoses marines et la morphologie à la Pt de Mouly, Ouvéa. Rapports de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 26 p
	Lasne G., Menou J.M., Folcher E., 2007. Description des biocénoses marines et la morphologie à Xépénéhé, Lifou. Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 28 p
	Lasne G., 2010. Inventaire des coraux scléractiniaires du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie – Campagne CORALCAL III, 10-30 mars 2009. 122p
	Leite F.P. and Turra A., 2003. Temporal variation in *Sargassum* biomass, Hypnea Epiphytism and associated fauna. Brazilian archives of Biol. and Technol., 46(4): 665-671
	Lenanton R. C. J., Robertson A. I. and Hansen J. A., 1982. Nearshore accumulations of detached macrophytes as nursery areas for fish; Mar. Ecol. Prog. Series 9 51–57
	Levi C., Bargibant G., Menou J.L., Laboute P., 1998. Sponges of the New Caledonian Lagoon. Edition de

	l'ORSTOM. 214p
	Lloyd's register, 2009. Investigation into the Sulphuric Acid Leak to the Envitonment. Vale Inco Goro Site. Pour la Direction de l'Industrie des Mines er de l'Energie de Nouvelle-Calédonie. Version 02, 37 p
	McClanahan T.R., Nugues M. and Mwachireya S., 1994. Fish and sea urchin herbivory and competition in Kenyan coral reef lagoons: the role of reef management. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 184 (2): 237-254
	Motomura I., 1932. A statistical treatment of associations, Jpn. J. Zool. 44: 379–383
4	Mundy C. These about accuracy and precision of the LIT method. James Cook University Townsville 1985
	Mukai H., 1971. The phytal animal on the thalli of *Sargassum serratifolium* in the Sargassum region, with reference to their seasonal fluctuations. Mar. Biol., 8: 170-182
	Norton A. C., Mathieson A. C. and Neushul M., 1982. A review of some aspects of form and function in seaweeds; Bot. Mar. 25 501–510
	Ormond R.F.G., Roberts C., 1997. The biodiversity of coral reef fishes. In: Ormond, R.F.G., Gage, J.D., Angel, M.V. (Eds.), Marine Biodiversity: Patterns and Processes. Cambridge University Press, pp. 216–257
	Ornellas A.B. and Coutinho R.,1998. Spatial and temporal patterns of distribution and abundance of a tropical fish assemblage in a seasonal Sargassumbed, Cabo Frio Island, Brazil. J. Fish Biol, 53 (A): 198-208
	Payri C.E., 1988. *Halimeda* contribution to organic and inorganic production in a Tahitian reef system. Coral Reefs, 6,251-262
	Payri C.E. & N'Yeurt A.D.R., 1997. A revised Checklist of Polynesian benthic Marine Algae, Australian Systematic Botany, 10: 867-910
	Payri C., N'Yeurt A.R. & Orempüller J., 2001. Algae of french Polynesia -Algues de Polynésie Française. Edition Au Vent des îles - tahiti, 320pp
	Payri C. et Richer de Forges B., 2006. Compendium of marine species from New Caledonia. Doc. Sci. Tech. II7 volume spécial, IRD
	Pearson E.S. et Hartley H.O., 1966. Biometrika tables for statisticians (Vol I) University Press, Cambridge, 264p
	Pichon M., 2006. Biodiversité des coraux sclératiniaires de Nouvelle-Calédonie. Rapport sur la mission effectuée à Nouméa Nouvelle-Calédonie du 4 au 21 mai 2006. Rapports de mission confidentiels
	Pichon M. 2006. Scleractinia of New-Caledonia. Check list of reef dwelling species. Rapports de mission confidentiels
	Pichon M. 2006. Scleractinia of New-Caledonia.in Payri C. et Richer de Forges B., (eds). Compendium of marine species from New Caledonia. Doc. Sci. Tech. II7 volume spécial, IRD : 148-155
	Pichon M. et al., 2007 Biodiversité des coraux scléractiniaires de Nouvelle-Calédonie. Rapport de mission confidentiel du Diahot du 17 novembre au 12 décembre 2006 (EPHE), 26p
	Raju P. V. & Venugopal R., 1971. Appearance and growth of *Sargassum plagiophyllum* (Mart) C. Ag. on a fresh substratum; Bot. Mar. 14(1) 36–38
	Randall J.E., Allen G.R. and R.C. Steene, 1990. Fishes of the Great Barrier Reef and Coral Sea. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii. 506 p
2	Randall J.E., 2005. Reef and shore fishes of the South Pacific. University of Hawaii, Press book. 707 p
	Reynolds & Casterlin, 1977. Effect of temperature on the growth rate of *Griffithsia tenuis* C. Agardh (rhodophyta: ceramiales). Hydrobiologia vol. 56, 3, pag. 225-227
	Richer de Forges B., Laboute P., 2004. Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie, 1600 espèces. Edition Catherine Ledru-IRD
6	Risk M.J., Risk A.C., 1997. Reef surveys as an aid in management. Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym. 2, 1471±1474.
	Rossier O. and Kulbicki M., 2000. A comparison of fish assemblages fromtwo types of algal beds and coral reefs in the south-west lagoon of New Caledonia. Cybium, 24: 3-26
	Salvat Bernard, 1996. Suivi scientifique du phénomène de blanchissement des coraux en Polynésie française, Follow up of coral bleaching in French Polynesia. 97 p. (bibl.: dissem.), ENV-SRAE - 92006
21	Sato M., 1984. Mortality and growth of juvenile coral *Pocillopora damicornis* (Linnaeus) Univ. Ryukyus, dep. marine sci., Okinawa 903 01, JAPON
	Sheng P.X., Ting Y.P., Chen J.P. and Hong L., 2004. Sorbtion of lead, copper, cadmium, zinc and nickel by marine algal biomass: characterization of biosorptive capacity andinvestigation of mechanisms. J. Coll. Int. Sc., 275: 131-141
	Silva P. C., 2002.Overview of the Genus *Caulerpa*, University Herbarium. International *Caulerpa taxifolia* conference
	Soubeyran Y., Meyer J.Y. et le Groupe de travail « Espèces Exogènes », 2011. Expertise du « Plan opérationnel pour la maîtrise des espèces exogènes » de la société Vale Nouvelle-Calédonie. Rapport final. 34p
	Spalding M.D., Ravilious C. & Green E.P., 2001. World atlas of coral reefs. University of California Press, 424 p
	Stiger V., Deslandes E. and Payri C.0, 2004. Phenolic contents of twobrown algae, *Turbinaria ornata* and *Sargassum mangarevenseon* Tahiti (French Polynesia): interspecific, ontogenic and spatio-temporal variations. Botanica Marina 5
	Tanaka M.O. and Leite F.P., 2003. Spacial scaling in the distribution of macrofauna associated with *Sargassum*

	stenophyllum (Martens) Martius: analysis of faunal group, gammarid life habits, and assemblage structure. Journal of Exp. Mar. Biol. Ecol., 293(1): 1-22
	Veron J.E.N., Pichon M., 1980. Scleractinia of Eastern Australia. Part 3. Families Agaricidae, Siderastreidae, Fungiidae, Oculinidae, Merulinidae, Mussidae, Pectinidae, Caryophyllidae, Dendrophylliidae. Mem. Austral. Inst. Marine Sci. 4. 422 pp
	Veron J.E.N.., Wallace C.C., 1984. Scleractinia of eastern Australia. IV Familly Acroporidae. Aust. Inst. Mar. Sci. Monogr. Ser. 6. 485p
	Veron J.E.N., 1986. Coral of Australia and the Indo-Pacific. Angus and Robertson Publishers. 644 p
	Veron J.E.N., 1995; Corals in space and time, the biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sydney. 321p
	Vezie C., Bertru G., Brient L. & Lefeuvre J.C., 1997. Blooms de Cyanobactéries hépatotoxiques dans l'ouest de la France. TSM, 10, 39-46
	Wallace C., 1999. Staghorn Corals of the World. A revision of the Genus Acropora. (ed) CSIRO Publishing pp. 422p
	Wells J.W., 1959. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 1 and 2. Pac. Sci., 13 (3) : 286-290
	Wells J.W., 1961. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals, Part 3. A new reef coral from New Caledonia. Pac. Sci., 15 : 189-191
	Wells J.W., 1964. The recent solitary Mussid Scleractinian corals. Zool. Meded., Leiden, 39 : 375-384
	Wells J.W., 1968. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Parts 5 and 6. Pac. Sci., 22 (2) : 274-276
	Wells J.W., 1971. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 7. Pac. Sci., 25 (3) : 368-371
	Wells J.W., 1984. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 10. Pac. Sci., 38 (3) : 205-219
	Whittaker R.H., 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monographs 30, 279–338
	Whittaker, R. H., 1972. Evolution and measurement of species diversity Taxon 21 : 213-51
	Whittaker R.H., 1977. Species diversity in land communities. Evolutionary Biology 10, 1–67
	Wijsman-Best M., 1972. Systematics and ecology of New Caledonia Faviidae (Coelenterata, Scleractinia). Bijdr. Dierk., 42 (1) : 1-90
	Wijsman-Best M., 1973. A new species of the Pacific coral genus Blastomussa from New Caledonia. Pac. Sci., 27 (2) : 154-155
	Wijsman-Best M., 1974. Habitat-induced modification of reef corals (Faviidae) and its consequences for taxonomy. In: Proceedings of the Second international coral reef symposium (Cameron-A-M editor), Volume 2; coral settlement and growth : 217-228
9	Wilcoson F., 1945. Individual comprarisons by ranking methods. Biometrics Bulletin 1 (6): 80–83
	http://coordination-maree-noire.eu/spip.php?article9029
	http://www.bonnagreement.org/fr/html/recent-incidents/accidents_chimiques.htm
	www.cnrs.fr
	www.com.univ-mrs.fr/IRD
	http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/recifs.htm
	http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/algues.htm
	www.coraux.univ-reunion.fr
	www.crisponline.net/Portals/1/PDF/CRISP_Synthese_bibliographique_coraux.pdf
	www.meteo.nc
	www.ird.fr
	www.sealifebase.org/
	http://www.sgnis.org/
	http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_species_abundance
	http://seme.uqar.qc.ca/18_effets_communautes/effets_communautes.htm
	www. wikipedia.org

A n n e x e s

Annexe n°1	Méthodologie générale d'échantillonnage des communautés benthiques	p 384
Annexe n°2	Conditions d'échantillonnage des différentes missions	p 387
Annexe n°3	Caratéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage d'octobre 2012	p 388
Annexe n°4	Résultats bruts de l'échantillonnage LIT d'octobre 2012	p 389
Annexe n°5	Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de mars 2012	p 390
Annexe n°6	Résultats bruts de l'échantillonnage de l'ichtyfaune d'octobre 2012	P 411

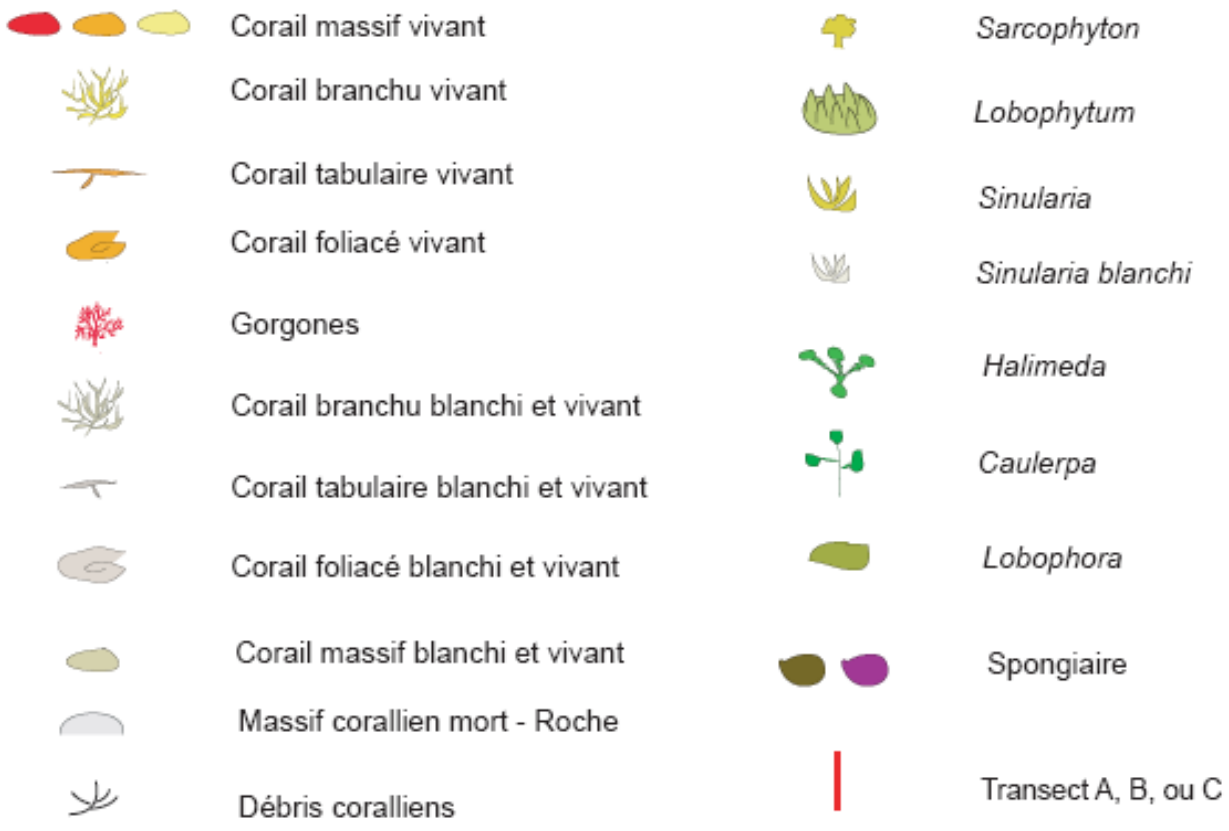


Figure n°194 : Signification de symboles utilisés dans les schémas structuraux

A n n e x e n ° 0 1

Méthodologie générale d'échantillonnage des communautés récifales

Les classes retenues pour la détermination du substrat sont celles préconisées par English et al. 1994 pour le « Line Intersept Transect » (« life forms ») et présentées dans le tableau 321 ci-dessous.

Tableau n°321 : Annexe 01 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données

	COMPOSANTES (12)	CATEGORIES (28)	CODE	DESCRIPTION
Biotique	Coraux scléractiniaires	*Acropora* Branchu	ACB	Au moins 2 niveaux de branches
		Acropora Encroûtant	ACE	
		Acropora Submassif	ACS	
		Acropora Digité	ACD	Branches en forme de doigts
		Acropora Tabulaire	ACT	Branches aplaties horizontalement
		Non-*Acropora* Branchu	CB	Au moins 2 niveaux de branches *NB : les non acropora digité ont été placés ici*
		Non-*Acropora* Encroûtant	CE	
		Non-*Acropora* Foliaire	CF	Corail en forme de feuille
		Non-*Acropora* Massif	CM	
		Non-*Acropora* Submassif	CS	
		Fungia	CMR	Corail solitaire
	Autres coraux	*Millepora*	CME	Corail de feu
	Coraux mous	Corail mou	SC	
	Autres organismes vivants	Éponges	SP	
		Zoanthaires	ZO	
		Autres	OT	Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénitiers
	Algues	Assemblages	AA	
		Calcaire	CA	
		Halimeda	HA	
		Macroalgue	MA	
		Filamenteuse	F	*NB : les cyanobactéries ont été placées ici*
	Corail mort avec algues	Corail mort avec algues	DCA	Corail mort recouvert d'algues
Abiotique	Corail mort	Corail mort	DC	Couleur blanche
	Sable	Sable	S	Particules < 2 cm
	Débris	Débris	R	Particules > 2 cm
	Vase	Vase	SI	
	Eau	Eau	W	Crevasse de plus de 50 cm
	Dalle - Roche	Dalle - Roche	RC	

Les cellules grisées correspondent à ce qui est noté « macrophytes et invertébrés » pour le suivi du benthos.

Tous les poissons seront comptabilisés avec un traitement particulier pour ceux qui sont listés dans le tableau 322 ci-dessous, car ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

Tableau n°322 : Annexe 01 : Liste des poissons indicateurs

FAMILLE	GENRE	ESPECE	GENRE	ESPECE
Requins		spp		
Raies		spp		
Scorpaenidae	Rascasses "poules"	spp		
Serranidae	*Anthias* et *Pseudanthias*	spp	Autres loches	spp
	Cromileptes	*altivelis*	*Plectropomus*	spp
	Epinephelus	*cyanopodus*		
Pseudchromidae	*Pictichromis*	*coralensis*		
Carangidae		spp		
Lutjanidae	*Aphareus*	*furca*	*Lutjanus*	*sebae*
	Aprion	*virescens*	*Lutjanus*	spp
	Lutjanus	*adetii*	*Symphorus*	*nematophorus*
Caesionidae		spp		
Haemulidae	*Diagramma*	*pictum*	*Plectorhinchus*	spp
Lethrinidae	*Lethrinus*	*nebulosus*	Autres bossus et bec	spp
Nemipteridae	*Scolopsis*	*bilineatus*		
Mullidae		spp		
Kyphosidae		spp		
Ephippidae	*Platax*	spp		
Chaetodontidae	*Chaetodon*	*auriga*	*Chaetodon*	*speculum*
	Chaetodon	*baronessa*	*Chaetodon*	*semeion*
	Chaetodon	*bennetti*	*Chaetodon*	*trifascialis*
	Chaetodon	*citrinellus*	*Chaetodon*	*lunulatus*
	Chaetodon	*ephippium*	*Chaetodon*	*ulietensis*
	Chaetodon	*flavirostris*	*Chaetodon*	*unimaculatus*
	Chaetodon	*kleinii*	*Chaetodon*	*vagabundus*
	Chaetodon	*lineolatus*	*Coradion*	*altivelis*
	Chaetodon	*lunula*	*Forcipiger*	*flavissumus*
	Chaetodon	*melannotus*	*Forcipiger*	*longirostris*
	Chaetodon	*mertensii*	*Hemitaurichthys*	*polylepis*
	Chaetodon	*ornatissimus*	*Heniochus*	*acuminatus*
	Chaetodon	*pelewensis*	*Heniochus*	*chrysostomus*
	Chaetodon	*plebeius*	*Heniochus*	*monoceros*
	Chaetodon	*rafflesi*	*Heniochus*	*singularis*
	Chaetodon	*reticulatus*	*Heniochus*	*varius*
Pomacanthidae	*Centropyge*	*bicolor*	*Chaetodontoplus*	*conspicillatus*
	Centropyge	*bispinosus*	*Pomacanthus*	*imperator*
	Centropyge	*flavissima*	*Pomacanthus*	*semicirculatus*
	Centropyge	*heraldi*	*Pomacanthus*	*sextriatus*
	Centropyge	*tibicen*	*Pygoplites*	*diacanthus*
	Centropyge	*vroliki*		
Pomacentridae	*Abudefduf*	spp	*Dascyllus*	*reticulatus*
	Amphiprion	*perideraion*	*Dascyllus*	*trimaculatus*
	Amphiprion	spp	*Neopomacentrus*	*azysron*
	Chromis	*viridis*	*Neopomacentrus*	*violascens*
	Chromis	*fumea*	*Pomacentrus*	*coelestis*
	Chrysiptera	*taupou*	*Pomacentrus*	*moluccensis*
	Chrysiptera	*rollandi*	*Pomacentrus*	*aurifrons*
	Dascyllus	*aruanus*	*Stegastes*	spp

Labridae	*Bodianus*	*loxozonus*	*Halichoeres*	*trimaculatus*
	Bodianus	*perditio*	*Hemigymnus*	*melapterus*
	Cheilinus	*chlorourous*	*Labroides*	*dimidiatus*
	Cheilinus	*trilobatus*	*Novaculichthys*	*taeniourus*
	Cheilinus	*undulatus*	*Stethojulis*	*bandanensis*
	Choerodon	*graphicus*	*Stethojulis*	*strigiventer*
	Coris	*aygula*	*Thalassoma*	*amblycephalum*
	Coris	*gaimard*	*Thalassoma*	*hardwicke*
	Gomphosus	*varius*	*Thalassoma*	*lunare*
	Halichoeres	*hortulanus*	*Thalassoma*	*lutescens*
	Halichoeres	*margaritaceus*		
Scaridae	*Bolbometopon*	*muricatum*	*Chlorurus*	*microrhinos*
	Scarus	*ghobban*	Scaridae	spp
Blennidae	*Ecsenius*	*bicolor*	*Meicanthus*	*atrodorsalis*
Gobbidae	*Amblygobius*	*phalaena*		
Ptereleotridae	*Ptereleotris*	*evides*	*Ptereleotris*	*microlepis*
Acanthuridae	*Acanthurus*	*dussumieri*	*Ctenochaetus*	spp
	Acanthurus	*blochii*	*Naso*	*unicornis*
	Acanthurus	*triostegus*	*Naso*	spp
	Acanthurus	spp	*Zebrasoma*	spp
Siganidae	*Siganus*	*argenteus*	*Siganus*	spp
Zanclidae	*Zanclus*	*cornutus*		
Scombridae	*Scomberomorus*	*commerson*		
Balistidae	*Balistoides*	*conspicillum*	*Rhinecanthus*	*aculeatus*
	Oxymonacanthus	*longirostris*	*Rhinecanthus*	*rectangulus*
Tetraodontidae	*Canthigaster*	spp		

A n n e x e n ° 0 2

Conditions d'échantillonnage des différentes missions

Tableau n°323 : Annexe 02 : Différences dans les conditions d'exécution des différentes campagnes d'échantillonnages

	2005	2007	2008	2009	2010		2011		2012		2013
Période	*Non communiqué*	Fin août, début septembre	Fin octobre	Début juin	Fin mars – Début avril	Fin septembre	Fin mars	Fin septembre – début octobre	Fin mars	Début-mi octobre	Début avril
Météorologie	*Non communiqué*	Mauvaise / eau turbide	Clémente / eau claire	Clémente / eau claire	Nuageux / eau moyennement claire	Clémente / eau assez claire	Nuageux / eau moyennement claire	Clémente / eau assez claire	Nuageux / eau moyennement claire		Couvert / eau peu claire
Nb stations	9	11 (dont 4 même qu'en 2005)	11 (même qu'en 2007)	11 (même qu'en 2008) + 1 nouvelle (Ugo))	12 (même qu'en 2009)						
Nb transects	2	3 sauf exceptions (4 stations à 2 transects)									
Longueur transect (m)	50	20									
Technique de plongée	Nitrox / Air comprimé. Recycleur	Air comprimé									
Méthode ichtyologie	Transect à Largeur Fixe	TLVariable									
Intervenants	Melanopus (Laboute & al) / A2EP (Vaillet – *LIT, Benthos-*, Chauvet - *Poissons-*)	A2EP (Gerbault - *LIT-*, Lasne - *Benthos-* Chauvet - *Poissons-*)	AQUA TERRA (Vaillet -*LIT-*, Lasne -*Benthos-*, Chauvet -*Poissons-*)								

A n n e x e n ° 0 3

Caractéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage d'avril 2013

Tableau n°324 : Annexe 03 : Rapport de plongée

Date	Heure *	Marée **	Station	Etat station/maintenance	Météo			Sous eau		
	début/fin		Nom		soleil/pluie	vent (dir, force)	courant (dir/force), h vagues	courant (force/dir)	visibilité (m)	température (°C, Prof)
02/04/2013	11h/13h	Début jusant	Casy	OK	Couvert 100%, petite pluie	NE < 5 nds	Clapot NE 0,1 m	Nul	10-11 m	26,3°C à 7,6 m
02/04/2013	14h/16h	Mi jusant	Creek baie nord	OK	Couvert 100%, pluie	E NE 5 nds	Clapot NE 0,1 m	Nul	4 à 6 m	26°C à 9,4 m
06/04/2013	14h/16h	Mi flot	Port	OK	Beau, couvert 40%	SE 15 nds	Clapot SE 0,1 m	Nul	2 à 5 m	25,9°C à 9 m
06/04/2013	11h/13h	Début flot	Woodin	OK	Beau, couvert 40%	SE E 15 nds, rafales 18-20	Clapot SE 0,1 m	Faible à moyen en surf.	10 à 13m	26,7°C à 11,5 m
05/04/2013	14h/16h	Etal flot	Ioro	OK	Beau, couvert 40-50%	S SE 18 nds	Clapot S SE 0,1 m	Faible à moyen	12 à 14 m	25,8°C à 8,8 m
03/04/2013	9h30/11h30	Fin flot	Ionontea	OK	Beau, couvert 40%	NE < 5 nds	Houle longue NE 0,5 m	Faible à fort	13 à 15 m	25,5°C à 15,1 m
04/04/2013	12h30/14h30	Etal flot	Basse Chambeyron	OK	Couvert 100%, pluie	S < 5 nds	Houle S 0,5 m	Moyen à très fort	15 m	25,5°C à 13,2 m
05/04/2013	9h30/11h30	Etal flot	Puka	OK	Couvert 60%	S SE 10 nds	Houle S E 0,8 m	Faible	10-11 m	25,6°C à 8,1 m
20/04/2013	10h/12h	Début jusant	Banc Kié	OK	Beau, couvert 70%	Nul	Nul	Faible à moyen	20-22 m	25,8°C à 13,2 m
20/04/2013	13h/15h	Etal jusant	Ilot Kié	OK	Beau, couvert 70%	Nul	Nul	Moyen à fort	12 à 15 m	25,8°C à 13,8 m
04/04/2013	9h30/11h30	Etal jusant	Toémo	OK	Couvert 100%, pluie	S < 5 nds	Houle S 0,5 m	Faible à très fort	12 à 14 m	25,6°C à 12,2 m
03/04/2013	12h30/14h30	Début jusant	Ugo	OK	Couvert 90%	NE E < 5 nds	Nul	Nul	10 à 15 m	25,8°C à 7,9 m

* cela comprend le temps sur site, sans les trajets

** par rapport à l'agenda corrigé (voir tableaux suivants)

Tableau n°325 : Annexe 03 : Corrections des marées

	Heure	Hauteur (m)		Niveau moyen
	PM / BM	PM	BM	(m)
Baie de Prony	- 40 mn	- 0,4	- 0,2	0,7
Port Boisé	- 55 mn	- 0,5	- 0,1	0,68
Nouméa = Port de référence				0,95

Tableau n°326 : Annexe 02 : Agenda des marées (corrigées selon le lieu)

Mercredi	03/04/2013	0:16	0,9	Samedi	20/04/2013	2:29	0,8
		6:29	0,65			8:53	0,65
		11:58	0,7			14:41	0,6
		18:26	0,4			20:55	0,55
Jeudi	04/04/2013	1:35	0,85	Mardi	02/04/2013	23:34 (-1)	1,1
		7:54	0,7			5:34	0,5
		13:21	0,65			11:13	0,9
		19:50	0,4			17:36	0,2
Vendredi	05/04/2013	2:54	0,85	Samedi	06/04/2013	4:15	1
		9:16	0,65			10:38	0,45
		14:55	0,65			16:28	0,85
		21:14	0,45			22:37	0,35

Annexe n° 04

Résultats bruts de l'échantillonnage LIT d'avril 2013

Tableau n°327 : Annexe 04 : Recouvrement du susbtrat (en %) pour toutes les catégories

	Station	Casy		Creek Baie Nord		Port			Canal Wooding			Ioro			Ionantea			Chambeyron			Puka		Bancs Kie			Ilot Kie			Toemo			Ugo	
Substrat	/ Transect	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Code	Catégories																																
ACB	*Acropora* branchu	4,5	0,5	39,5	9	2	18	2,5	7,5	7		4,5	1		4	1,5	1	6	2,5		6,5	0,5	7,5	2	3	24	8	1	4,5	3,5		11,5	3,5
ACE	*Acropora* encroûtant																	1,5			10,5						19,5						
ACS	*Acropora* submassif																																
ACD	*Acropora* digité														2,5																		
ACT	*Acropora* tabulaire	1	1															4			0,5						0,5						
CB	Corail branchu					0,5	1		14,5	12	7,5	0,5	0,5	1	6	8,5	1,5	2	2,5	1,5	7		1	2	2,5	11,5	3	0,5	5,5	4,5	0,5	0,5	0,5
CE	Corail encroûtant	3		2,5	3,5		1,5	5		4		11,5	1,5	0,5	11,5	6,5	7,5		4			1	0,5	2	3	11		5,5	10,5	13,5	3	2,5	1,5
CF	Corail foliaire				2		0,5	2	1			1	4,5																				
CM	Corail massif	1			2	3	9,5	1,5		0,5		10	17,5		4	9	0,5	1	1,5		2	1	5	5,5	1,5	2,5	12	2	4,5	1,5	1,5	4,5	13
CS	Corail submassif		0,5					1											2		1		1	0,5	1		1,5			1		0,5	
CMR	*Fungia*				1			0,5	1							0,5			0,5						0,5		1					4,5	0,5
CME	*Millepora*			2	0,5				21,5	5,5																							
SC	Coraux mous	7,5	3,5	7	6,5	1	0,5	0,5		4	1							1	0,5		1	2	14,5	2,5	5,5	2			0,5	3,5	2,5	2	3
SP	Éponges	1	1		0,5	1,5	0,5		1	2	0,5	2,5	1,5	0,5	2,5	5,5	2	1,5	2	2		5,5		0,5	2,5		2,5	1,5		2	2,5	1,5	2
ZO	Zoanthaires																												0,5				
OT	Autres organismes									2,5	5			0,5					0,5						0,5					0,5			
AA	Assemblages algales					2,5		1,5							6			2,5	0,5	0,5	0,5	1	6	4	2						3,5		
CA	Algue calcaire						1,5								19,05	19,65	21,6	16,1	14,3	8,85			7,75	7,75	10,65				6,8	12,5	8,1		
HA	*Halimeda*		1	5		4	0,5		0,5							0,5	0,5		0,5					2	0,5							
MA	Macroalgue			10,5			2							0,5			0,5								2,5			6	5,5		1	
F	Algue filamenteuse	8,5	0,5	0,5												0,5	4		7	2	5	2	0,5	1	0,5	1					1,5		
DCA	Corail mort avec algues	10,5	7	31	6	34,2	52,5	4,5	47	60,5	26,5	39	16	3	44,45	45,85	50,4	64,4	57,2	79,65	64,5	61,6	56,25	69,75	60,35	44	49,5	5	61,2	50	72,9	65	67
DC	Corail mort							0,5																									
S	Sable	63	85							2	59,5	31	57,5	94		2	10,5		4,5	5,5	1,5	10		2,5	4,5	1	2,5	84,5		2	4	6,5	9
R	Débris																					15,4											
RC	Dalle - Roche																																
SI	Vase			2	69	51,3	12	80,5	6																								
W	Eau																																
	Abiotique	63	85	2	69	51,3	12	81	6	2	59,5	31	57,5	94	0	2	10,5	0	4,5	5,5	1,5	25,4	0	2,5	4,5	1	2,5	84,5	0	2	4	6,5	9
	Biotique	37	15	98	31	48,7	88	19	94	98	40,5	69	42,5	6	100	98	89,5	100	95,5	94,5	98,5	74,6	100	97,5	95,5	99	97,5	15,5	100	98	96	93,5	91
	Dont coraux scléractiniaitres	9,5	2	42	17,5	5,5	30,5	12,5	24	37,5	7,5	27,5	25	1,5	28	26	10,5	14,5	13	1,5	27,5	2,5	15	12	11,5	49	45,5	9	25	24	5	24	19

Tableau n°328 : Annexe 04 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique

	ST0 1A	ST0 1B	ST0 2A	ST0 2B	ST0 3A	ST0 3B	ST03 C	ST0 4A	ST0 4B	ST0 4C	ST0 5A	ST0 5B	ST0 5C	ST0 6A	ST0 6B	ST0 6C	ST0 7A	ST0 7B	ST0 7C	ST0 8A	ST0 8B	ST0 9A	ST0 9B	ST0 9C	ST1 0A	ST1 0B	ST1 0C	ST1 1A	ST1 1B	ST1 1C	ST1 2A	ST12 B
Macrophytes et invertébrés	27,5	13	56	13,5	43,2	57,5	6,5	70	74,5	33	41,5	17,5	4,5	72	72	79	85,5	82,5	93	71	72,1	85	85,5	84	50	52	6,5	75	74	91	69,5	72
Coraux sléractinaires	9,5	2	42	17,5	5,5	30,5	12,5	24	23,5	7,5	27,5	25	1,5	28	26	10,5	14,5	13	1,5	27,5	2,5	15	12	11,5	49	45,5	9	25	24	5	24	19
Abiotique	63	85	2	69	51,3	12	81	6	2	59,5	31	57,5	94	0	2	10,5	0	4,5	5,5	1,5	25,4	0	2,5	4,5	1	2,5	84,5	0	2	4	6,5	9

A n n e x e n ° 0 5

Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos d'avril 2013

Tableau n°329 : Annexe 05 : Inventaire des coraux et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

			Site	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Woodin	Woodin	Woodin
			Station	Casy Sud	Casy Sud	Creek Baie Nord	Creek Baie Nord	Wharf Prony	Wharf Prony	Wharf Prony	Canal Woodin	Canal Woodin	Canal Woodin
			Transect	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
			Profondeur	7 m	12 m	9 m	12 m	5 m	10 m	14 m	5 m	10 m	20 m
Groupe	**Famille**	**Genre**	**Espece**										
Antipathaire	Antipathidae	*Antipathus*	sp.		1		1			1		2	1
Antipathaire	Antipathidae	*Cirripathes*	sp.		1		2		2	2		2	-1
Gorgone	Ellisellidae	*Nicella*	*laxa*										
Gorgone	Gorgone	Indéterminé	sp.	1(B1)	1	2	2					2(2spp)	-1
Gorgone	Melithaeaidae	*Melithaea*	*ochracea*									-1	
Gorgone	Plexauridae	*Astrogorgia*	*mengalia*									1	
Milleporina	Milleporidae	*Millepora*	spp.(branchu)	2	2	4(2spp)	2(2spp)	2	2	2	5	3	
Milleporina	Milleporidae	*Millepora*	spp.(encroutant)			2	2			2	2	2	
Milleporina	Milleporidae	*Millepora*	spp.(submassif)							1	1	2	
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*cytherea*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*florida*			2	1						
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*formosa*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*gemmifera*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*grandis*			2	1(B1)	-2					
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*humilis*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*hyacynthus*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*longicyathus*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*millepora*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*monticulosa*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*robusta*										
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	spp.(branchu)	4(5spp)(B2)	3(3spp)(B1)	5(6spp)(B2)	4(4spp)(B2)	3(2spp)(B1)	5(6spp)(B2)	4(4spp)(B1)	5(5spp)	2(2spp)(B1)	-2
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	spp.(tabulaire)	3(3spp)(B2)	3(2spp)(B1)	3(2spp)	-2	2(B1)	2(B1)	2	3	5	1
Scléra.	Acroporidae	*Anacropora*	*forbesi*			3	2(B1)	2	2	2			
Scléra.	Acroporidae	*Anacropora*	*puertogalerae*			3	2(B1)		2				
Scléra.	Acroporidae	*Anacropora*	sp.										
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*explanata*			2	2			3	1		
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*gracilis*	2	1		2(B1)	1	2		2	1	
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*listeri*			2		2					-1
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*moretonensis*	1		2	2		2	2			
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*myriophthalma*	1	1	2	2(B1)		2				1
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	sp.	-1			1					1	
Scléra.	Acroporidae	*Isopora*	*cuneata*										
Scléra.	Acroporidae	*Isopora*	*palifera*	2								1	
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*caliculata*										
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*danae*										
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*foveolata*										
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*hispida*										
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*lamelosa*										
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*samarensis*										
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	spp.	3(3spp)	3(3spp)	3(3spp)	3(2spp)(B2)	3(2spp)(B1)	4(3spp)(B1)	3(2spp)	2(2spp)	3(2spp)	1
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*spumosa*				1						
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*stellata*					1					
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*tuberculosa*			2			2		2	1	
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*undata*	1		1			1				
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*venosa*										
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*verrucosa*	1		1					1		
Scléra.	Agaraciidae	*Coeloseris*	*mayeri*	-1	-1								
Scléra.	Agaraciidae	*Gardineroseris*	*planulata*										
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*explanata*							2			
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*foliosa*			1			2	2			
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*gardineri*						2	2			
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*hawaiiensis*									1	
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*mycetoseroides*			1				2			
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*scabra*				1		2	2			
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*tubulifera*				2(B1)		2	2			
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*yabei*			2				2			
Scléra.	Agaraciidae	*Pachyseris*	*rugosa*						2	2			
Scléra.	Agaraciidae	*Pachyseris*	*speciosa*	2	2	2	2(B1)	2	1	2	2	2	
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*cactus*				-1	-2	2				
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*clavus*										
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*decussata*	2		1		2					
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*duerdeni*										
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*explanulata*			1	2	1		1		2	
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*maldivensis*									1	
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	sp.										
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*varians*	2		1		1	2	2	2	2	
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*venosa*				2(B1)						
Scléra.	Astrocoeniidae	*Palauastrea*	*ramosa*					2	2	2			
Scléra.	Astrocoeniidae	*Stylocoeniella*	*armata*	2	2	2	2	2	2	3	2	2	
Scléra.	Astrocoeniidae	*Stylocoeniella*	*guentheri*	2	3	3	3	1	2	2			
Scléra.	Astrocoeniidae	*Stylocoeniella*	sp.										
Scléra.	Caryophylliidae	*Euphyllia*	*ancora*										
Scléra.	Caryophylliidae	*Euphyllia*	*cristata*										
Scléra.	Caryophylliidae	*Euphyllia*	*divisa*										
Scléra.	Caryophylliidae	*Euphyllia*	*glabrescens*										
Scléra.	Caryophylliidae	*Physogyra*	*lichtensteini*										
Scléra.	Caryophylliidae	*Plerogyra*	*sinuosa*										
Scléra.	Dendrophylliidae	*Tubastraea*	*micrantha*								1	2	3(B2)
Scléra.	Dendrophylliidae	*Tubastraea*	sp.			2					3	4	3
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*frondens*										
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*heronensis*			1		-2				1	
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*mesenterina*	2	2	2	2(B1)			2	2	2	
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*patula*										
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*peltata*	1	1	1							
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*radicalis*										
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*reniformis*	2	2	2	2(B1)			2	2	2	
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*stellulata*	1	2	1	1(B1)						
Scléra.	Faviidae	*Barabattoia*	*amicorum*	4	3	2	2(B1)	2		2	2	2	
Scléra.	Faviidae	*Caulastrea*	*curvata*				1						
Scléra.	Faviidae	*Caulastrea*	*furcata*		1								
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	*chalcidicum*								1	1	1
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	*japonica*	2	2	2	2(B1)	2	3	3	1	2	
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	*microphtalma*										
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	*serailia*	2	2	2	2	1		2	2	2	1
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	sp.										

Scléra.	Faviidae	*Diploastrea*	*heliopora*	1									
Scléra.	Faviidae	*Echinopora*	*gemmacea*			2	**1(B1)**	**1**	2	**1**	2		
Scléra.	Faviidae	*Echinopora*	*lamellosa*			2	2(B1)						
Scléra.	Faviidae	*Echinopora*	sp.				-1		-2	2			
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*favus*										
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*laxa*										
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*maritima*	1								1	
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*matthai*										1
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*maxima*										
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*rotumana*										
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*rotundata*										
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*speciosa*	2	**2**	2	2(B1)						
Scléra.	Faviidae	*Favia*	spp.	2(3spp)	2(2spp)	2	2(2spp)(B1)	2(2spp)	2(2spp)	3(2spp)	2(4spp)	2(2spp)	**1**
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*stelligera*	**2**	**2**	1							
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*abdita*	2		2		1				1	
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*chinensis*										
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*flexuosa*										
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*halicora*	2			-1	1				1	
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*pentagona*										
Scléra.	Faviidae	*Favites*	spp.	2(2spp)	2(2spp)	3(3spp)	2(2spp)(B1)	2(2spp)	2(2spp)	2(2spp)	2(3spp)	2(2spp)	**1**
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*aspera*										
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*australiensis*	3	3	2		2			**2**	2	1
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*favulus*										
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*palauensis*										
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*pectinata*	1									
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*retiformis*			**2**	-2					1	
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	sp.										
Scléra.	Faviidae	*Leptastrea*	*inaequalis*		1	1							
Scléra.	Faviidae	*Leptastrea*	*purpurea*	1	1	2		-1				1	
Scléra.	Faviidae	*Leptastrea*	sp.										
Scléra.	Faviidae	*Leptastrea*	*transversa*	1	1	1	1				1	1	
Scléra.	Faviidae	*Leptoria*	*phrygia*										
Scléra.	Faviidae	*Montastrea*	*annuligera*										
Scléra.	Faviidae	*Montastrea*	*curta*	2	2						2	**2**	
Scléra.	Faviidae	*Montastrea*	sp.			**2**	2	2	2				
Scléra.	Faviidae	*Oulastrea*	*crispata*										
Scléra.	Faviidae	*Oulophyllia*	*bennettae*										
Scléra.	Faviidae	*Oulophyllia*	*crispa*		1								
Scléra.	Faviidae	*Oulophyllia*	sp.										
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	*daedalea*								1		
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	*lamellina*										
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	*pini*	1			**2**	-1					-1
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	*sinensis*	**2**	**2**								
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	sp.										
Scléra.	Faviidae	*Plesiastrea*	sp.										
Scléra.	Faviidae	*Plesiastrea*	*versipora*										
Scléra.	Fungiidae	*Cantharellus*	*jebbi*										
Scléra.	Fungiidae	*Cantharellus*	*noumeae*						2	4			
Scléra.	Fungiidae	*Ctenactis*	sp.										
Scléra.	Fungiidae	*Cycloseris*	*cyclolites*					-1	**1**	1		1	
Scléra.	Fungiidae	*Cycloseris*	*sinensis*							2			
Scléra.	Fungiidae	*Cycloseris*	sp.	2		2	2	1	2	-2	2	**2**	
Scléra.	Fungiidae	*Diaseris*	*fragilis*							2			
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*danai*										
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*echinata*								2	**1**	
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*granulosa*										
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*horrida*			2							
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*paumotensis*										
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*repanda*	**1**								1	
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*scutaria*										
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*simplex*			**2**	-2	1	2		**2**	1	
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	spp.	2(2spp)	2	3(4spp)	2(2spp)	2	3(4spp)	3(3spp)	2	2	2
Scléra.	Fungiidae	*Halomitra*	*pileus*										
Scléra.	Fungiidae	*Herpolitha*	*limax*	-1								-1	
Scléra.	Fungiidae	*Lithophyllon*	*mokai*	2	2	2	3	2	2	3			
Scléra.	Fungiidae	*Podabacia*	*crustacea*										
Scléra.	Fungiidae	*Podabacia*	*motuporensis*										
Scléra.	Fungiidae	*Polyphyllia*	*novaehiberniae*	-2									-2
Scléra.	Fungiidae	*Polyphyllia*	*talpina*	2	2	1	2	-1			2		-1
Scléra.	Fungiidae	*Sandalolitha*	*dentata*	-1									
Scléra.	Fungiidae	*Sandalolitha*	*robusta*	2	2	2	1		1	**1**	2	1	
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*exesa*			2	1		1	2	1		
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*grandis*										
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*microconos*										
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*pilosa*				**1(B1)**						
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*rigida*			2	**1**						
Scléra.	Merulinidae	*Merulina*	*ampliata*	2	2	2	2(B1)	2(B1)	2	2(B1)	2	2	1
Scléra.	Merulinidae	*Merulina*	*scabricula*	1		2	**1**	1			1	-1	
Scléra.	Merulinidae	*Scapophyllia*	*cylindrica*										
Scléra.	Mussidae	*Acanthastrea*	*bowerbanki*										
Scléra.	Mussidae	*Acanthastrea*	*echinata*	2	2						2	2	
Scléra.	Mussidae	*Acanthastrea*	sp.										
Scléra.	Mussidae	*Blastomussa*	*merleti*			1	2(B1)						
Scléra.	Mussidae	*Blastomussa*	*wellsi*										
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	*corymbosa*	4	2	2	1	**2**	2	1	2	1	1
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	*hattaii*			2	1	1	1	1			
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	*hemprichii*			**2**	**1**	1	1			2	
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	*pachysepta*	2	2		1	1			-1		
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	sp.					-1	-1				
Scléra.	Mussidae	*Scolymia*	*australis*	2	1	2	2	1	1	**2**	1	2	1
Scléra.	Mussidae	*Scolymia*	*vitiensis*	2	2	2	2	1	1	**1**		2	
Scléra.	Mussidae	*Symphyllia*	*radians*			1							
Scléra.	Mussidae	*Symphyllia*	*recta*										
Scléra.	Mussidae	*Symphyllia*	sp.					1					
Scléra.	Mussidae	*Symphyllia*	*valenciennesii*					1		1			
Scléra.	Oculinidae	*Acrhelia*	*horrescens*										
Scléra.	Oculinidae	*Galaxea*	*astreata*	-1		**1**	-2	**1**	1	**2**	1	**1**	
Scléra.	Oculinidae	*Galaxea*	*fascicularis*	3	2	2(B1)	2(B1)	2	2	**2**	**3**	2	-1
Scléra.	Oculinidae	*Galaxea*	*paucisepta*	2	2	2(B1)	3(B1)	1	2	2			
Scléra.	Pectiniidae	*Echinomorpha*	*nishihirai*			2	2		2	2			
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	*aspera*			1	2						
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	*echinoporoides*				1			1			
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	*horrida*										
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	*orpheensis*	1			2			1		1	1
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	sp.					2		**1**			
Scléra.	Pectiniidae	*Mycedium*	*elephantotus*			2	2		2	**1**		2	**1**
Scléra.	Pectiniidae	*Oxypora*	*glabra*			1	**1**						
Scléra.	Pectiniidae	*Oxypora*	*lacera*				1						

Scléra.	Pectiniidae	*Oxypora*	sp.							2			
Scléra.	Pectiniidae	*Pectinia*	*lactuca*										
Scléra.	Pectiniidae	*Pectinia*	*paeonia*										
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*damicornis*	3	**3**	2	2(B1)	2	2	2	3	2	
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*eydouxi*										
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*meandrina*										
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*verrucosa*	2	2						2	2	
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*woodjensis*										
Scléra.	Pocilloporidae	*Seriatopora*	*calendrium*	2		1							
Scléra.	Pocilloporidae	*Seriatopora*	*histrix*	**3**	**2**	2	2(B1)	2(B1)			5	3	
Scléra.	Pocilloporidae	*Stylophora*	*mordax*									2	
Scléra.	Pocilloporidae	*Stylophora*	*pistillata*			1	2(B1)	1			3	2	
Scléra.	Pocilloporidae	*Stylophora*	*subseriata*										
Scléra.	Poritidae	*Alveopora*	*catalai*			2			**2**	**2**			
Scléra.	Poritidae	*Alveopora*	sp.	2		2	2	1	**3**	3			
Scléra.	Poritidae	*Alveopora*	*spongiosa*			2							
Scléra.	Poritidae	*Goniopora*	sp.	**2**	2	2	2	2	2	3			
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*cylindrica*			2	2	2	2	1			
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*heronensis*										
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*lichen*	2									
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*lobata*	2	2	3(B2)	2(B1)	2	2	-1			
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*lutea*										
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*nigrescens*						-2				
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*rus*										
Scléra.	Poritidae	*Porites*	sp.			2(B1)		2	2	2	2	2	
Scléra.	Siderastreidae	*Coscinaraea*	*columna*		1		**2(B1)**				2		
Scléra.	Siderastreidae	*Coscinaraea*	*exesa*								-1		
Scléra.	Siderastreidae	*Coscinaraea*	*marshae*										
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*claudiela*										
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*contigua*			2							
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*digitata*				1						
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*haimeana*	1			1		1	1		1	
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*profundacella*			1				1	1		
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	sp.										
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*superficialis*			2	2		1			1	
Scléra.	Trachyphylliidae	*Trachyphyllia*	*geoffroyi*										
Stolonifera	Tubiporidae	*Tubipora*	*musica*	2	2								

Tableau n°330 : Annexe 05 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

				Site	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Woodin	Woodin	Woodin
				Station	Casy Sud	Casy Sud	Creek Baie Nord	Creek Baie Nord	Wharf Prony	Wharf Prony	Wharf Prony	Canal Woodin	Canal Woodin	Canal Woodin
				Transect	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
				Profondeur	7 m	12 m	9 m	12 m	5 m	10 m	14 m	5 m	10 m	20 m
Groupe	**Sous groupe**	**Famille**	**Genre**	**Espece**										
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	**2**	**2**	2	2	2	2	**2**	-2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Distromium*	sp.	-2	2								
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	*variegata*	**2**	**2**	5	4	**3**	5	5	2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	2	2	2		2					
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Spatoglossum*	sp.										
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Sargassum*	sp.										
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	-2									
Algues brunes	Phéophycées	Scytosiphonaceae	*Hydroclathrus*	sp.										
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*										
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.			3	3	3	4	3	2	2	2
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	*vanbosseae*										
Algues rouges	Rhodophycées	Dumontiaceae	*Gibsmithia*	*hawaiiensis*										
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*armatum*										
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*sandvicense*										
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	*fragilis*										
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	sp.										
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	*marginata*										
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.										
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Liagora*	sp.										
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*										
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.										
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*racemosa*										
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	-2				-2	-2				
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*mamillosum*										
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*										
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.										
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*										
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladacea	*Bornetella*	*oligospora*										
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladacea	*Neomeris*	*vanbosseae*	2	2			**2**	2		2		
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	**2**	4(2spp)	**3(2spp)**	**2(2spp)**	**5(3spp)**	3(2spp)	2	**2**	**2(2spp)**	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*										
Algues vertes	Chlorophycées	Udodeaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*			-2		-1			-2	-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Avrainvillea*	*obscura*										
Ascidies	Ascidies	Diazonidae	*Atriolum*	*robustum*										
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	cf.*minisculum*										
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	*molle*	-2	-3			-2			-2		
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp.(blanche)	2	2							2	
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroutante	verte										
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroutante	violetblanc										
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Indéterminé	sp.					2					
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Citorclinum*	*laboutei*										
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*										
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*flava*										
Ascidies	Ascidies	Polyclinidae	*Aplidium*	*flavolineatum*										
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*	3	**3**	2	-1	2	**2**				
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*clavata*										
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	2	2	2	2	2					
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*glabra*										
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*mytiligera*										
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	**3**	**2**	2	2	2	2	2	2	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*papilata*										
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*pigmentata*										
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp1.(blanche)	-2		1		-1	1			1	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp2.(transparente)										
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Symplegma*	*alterna*										
Bryozoaires	Cyclostomes	Indéterminé	Indéterminé	sp.										
Bryozoaires	Cyclostomes	Phidoloporidae	*Reteporellina*	sp.										
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	*Alcyionidium*	sp.								2	4	**3**
Cnidaires	Actiniaires	Actiniidae	*Entacmaea*	sp.										
Cnidaires	Actiniaires	Actinodendriidae	*Actinodendron*	sp.	1									

Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	cf.*rhodostoma*										
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	sp.						2	-2			
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	Indéterminé	sp.										
Cnidaires	Actiniaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.										
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*aurora*										
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*crispa*										
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*magnificus*										
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	sp.										
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Macrodactyla*	*doreensis*										
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Stichodactyla*	sp.										
Cnidaires	Actiniaires	Thalassianthidae	*Cryptodendrum*	*adhaesivum*										
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Cladiella*	sp.	2		2							
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*klyxum*	sp.		2								
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Lobophytum*	sp.	2		2	-2					2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Rhytisma*	sp.										
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sarcophyton*	sp.	5(2spp)	**4(2spp)**	5(2spp)	5(2spp)(B2)	3	4	3	2	2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*dura*	2	**2**		2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*flexibilis*	-3	**2**	-2	-2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*leptoclados*			2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	sp.	4	**4**	2	2	2(2spp)	2(2spp)	2(3spp)	2	3	1
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Dendronephthya*	sp.									-2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Nephthea*	sp.			2	2		3	**3**	3	3	1
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Xenia*	sp.	2	**2**								
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	*Chironephthya*	sp.		-1								
Cnidaires	Hydrozoaires	Aglaophenidae	*Aglaophenia*	*cupressina*										
Cnidaires	Hydrozoaires	Aglaophenidae	*Aglaophenia*	*phillippina*										
Cnidaires	Hydrozoaires	Aglaophenidae	*Macrorhynchia*	*phoenicea*										
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	**1**	2	**2**	2	2	2	-3	2	2	**2**
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3		-2	
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Palythoa*	sp.	2	1	2	**1**				2	2	2
Crustacés	Décapodes	Diogenidae	*Dardanus*	sp.									1	
Crustacés	Décapodes	Palinuridae	*Panulirus*	*Longipes bispinosus*										
Crustacés	Décapodes	Palinuridae	*Panulirus*	*ornatus*										
Crustacés	Décapodes	Palinuridae	*Panulirus*	*penicillatus*										
Crustacés	Décapodes	Palinuridae	*Panulirus*	*versicolor*										
Crustacés	Décapodes	Scyllaridae	*Arcitides*	sp.										
Crustacés	Décapodes	Scyllaridae	*Parribacus*	sp.										
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Symploca*	*hydnoides*	2	2			-2					
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Phormidium*	sp.	**5**	2			3	2	2			
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*planci*										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Celerina*	*heffernani*			-1		-1		-1		1	
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*indica*										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*monilis*	-1	-1				-1	-1		-1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	sp.										-2
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	1	1		-1	-1	-1			1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Gomophia*	sp.										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Linckia*	*laevigata*										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Linckia*	*multifora*					1					
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	**2**	1	**2**	**2**	1		**2**	1	1	-2
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Nardoa*	sp.										
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Neoferdina*	*cumingi*										
Echinodermes	Astéries	Oreasterridae	*Culcita*	*novaeguineae*				-1						
Echinodermes	Crinoïdes	Colobometridae	*Cenometra*	sp.										
Echinodermes	Crinoïdes	Comasteridae	*Comanthus*	*bennetti*										
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	2	**3**						3	4	5
Echinodermes	Echinides	Brissidae	*Metalia*	sp.										
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	*Phyllacanthus*	*imperialis*										
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*					-1					
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	**1**		2	2	**2**	**2**	-2		**3**	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	sp.					-1					
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*										
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*										
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*									-2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Heterocentrotus*	*mammillatus*										
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Heterocentrotus*	*trigonarius*										
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*					-1	**1**				
Echinodermes	Echinides	Laganidae	*Laganum*	*depressum tonganense*	-2	2								
Echinodermes	Echinides	Schizasteridae	*Schizaster*	*lacunosus*										
Echinodermes	Echinides	Spatangidae	*Maretia*	*planulata*										
Echinodermes	Echinides	Spatangidae	*Maretia*	sp.										
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	*Toxopneustes*	*pileolus*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*echinites*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	-1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*graeffei*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*coluber*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	**1**	1	**2**	2	2			2	1	-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*			3	3	2	3	**3**			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscogilva*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	**2**	-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*hilla*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*nobilis*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*scabra*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	sp.										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	1	-1								
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*										
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*pseudhorrens*										
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*										
Echinodermes	Holothurides	Stichoporidae	*Stichopus*	*variegatus*				1		-1				
Echinodermes	Holothurides	Stichoporidae	*Thelenota*	*anax*										1
Echinodermes	Holothurides	Synaptidae	*Synapta*	*maculata*										
Echinodermes	Holothurides	Synaptidae	*Synapta*	sp.										
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	2	2	**3**	3	2	**3**	**3**	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*			1	2		2			2	
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Euapta*	*godeffroyi*										
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Opheodesoma*	sp.										
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	*Hamigera*	*strongylata*						2	2	1	3	**2**
Eponges	Spongiaires	Ancorinidae	*Stellata*	*globostellata*										
Eponges	Spongiaires	Ancorinidae	*Stellata*	sp.								-1	1	1
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastella*	*cantharella*								-1	**2**	**1**
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastella*	*concentrica*										
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Ptilocaulis*	*fusiformis*										
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Stylissa*	*flabelliformis*										

Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	*Dactylia*	*delicata*									2	1
Eponges	Spongiaires	Chalinidae	*Haliclona*	*olivacea*										
Eponges	Spongiaires	Clathrinidae	*Clathria*	*bargibanti*										
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*jullienei*	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*orientalis*	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*arenaria*	1									
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*herbacea*	2	3	2		2	2			2	
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	sp.										
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(beige,lamelle)										
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(jaune)										
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(marron)	1									
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(noire)					2	2		2	4	3
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(orange)		-2				-2				
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(rouge)										
Eponges	Spongiaires	Leucettidae	*Leucetta*	*chagosensis*			1							
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	*Clathria*	*rugosa*		2								
Eponges	Spongiaires	Petrosiidae	*Xetospongia*	*bergquistia*										
Eponges	Spongiaires	Phoriospongiidae	*Strongylodesma*	sp.										
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	*Spheciospongia*	*vagabunda*	3	3	3	2	3	2	2		2	2
Eponges	Spongiaires	Thorectidae	*Petrosaspongia*	*nigra*										
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Anadara*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Anadara*	*trapezia*										
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Arca*	*ventricosa*			2	2	2			2	2	
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Acrosterigma*	*unicolor*										
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Ctenocardia*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Laevicardium*	*attenuatum*										
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Lunilicardia*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Nemocardium*	*bechei*										
Mollusques	Bivalves	Chamidae	*Chama*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Fasciolariidae	*Pleuroploca*	*filamentosa*										
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Alectrionella*	*plicatula*										
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	*hyotis*			2			1			1	-1
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	sp.										-1
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	*Isognomon*	*isognomon*	3	2	2	3	2	3	3	2	2	1
Mollusques	Bivalves	Malleidae	*Malleus*	*anatinus*										
Mollusques	Bivalves	Malleidae	*Vulsella*	*vulsella*										
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Lithophaga*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Modiolus*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Trichomia*	*hirsutus*										
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Lopha*	*cristagalli*										
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Lopha*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	*cucullata*										
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Pectinidae	*Annachlamys*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Pectinidae	*Chlamys*	*squamosa*										
Mollusques	Bivalves	Pectinidae	*Gloripallium*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Pectinidae	*Mimachlamys*	*gloriosa*										
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Athrina*	sp.	-1						-1			
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Athrina*	*vexillum*										
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Pinna*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pinctada*	*maculata*										
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pinctada*	*margaritifera*	1									
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	*peguin*										
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	sp.	2	2	2			1	2	2	-2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Pedum*	*spondyloideum*	2	2	2	2				2	2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Spondylus*	sp.			2	2	2	1	2			
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Hippopus*	*hippopus*										
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*crocea*										
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*derasa*										
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*maxima*	1				1					
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*squamosa*					1					
Mollusques	Bivalves	Veneridae	*Antigona*	*puerpera*										
Mollusques	Bivalves	Veneridae	*Gafrarium*	sp.										
Mollusques	Bivalves	Veneridae	*Marcia*	*japonica*										
Mollusques	Gastéropodes	Bursidae	*Bursa*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	*Cerithium*	*nodulosum*										
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	*Cerithium*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	*Gourmya*	*gourmyi*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*arenatus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*capitaneus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*imperialis*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*litteratus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*lividus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*magnificus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*marmoreus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*nanus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*textile*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*vexillum*										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*virgo*										
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*distans*										
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*leopardus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*miles*	1		1		-1		1			
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*milliaris*										
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*ratus*										
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*vexilium*										
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	*violacea*	2		2						2	
Mollusques	Gastéropodes	Costellariidae	*Vexillum*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Cymatiidae	*Charonia*	*tritonis*				1						
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	sp.				1						
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	*talpa*										1
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	*tigris*										
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Latirolagena*	*smaragdula*	2					2		-1	2	
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Latirus*	*gibbulus*										
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Latirus*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Pleuroploca*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Pteristernia*	*reincarnata*	1	1	1	-1		1	-1		1	
Mollusques	Gastéropodes	Indéterminé	Indéterminé	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Chicoreus*	*brunneus*										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Chicoreus*	*ramosus*										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Chicoreus*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	*grossularia*										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	*morum*										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	*ricinus*										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	*rubusidaeus*										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupella*	*cornus*										

Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Murex*	*ramosus*										
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Murex*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Ovulidae	*Ovula*	*ovum*										
Mollusques	Gastéropodes	Stombidae	*Lambis*	*chiragra*	1									
Mollusques	Gastéropodes	Stombidae	*Lambis*	*lambis*					-1		-1			
Mollusques	Gastéropodes	Stombidae	*Lambis*	*truncata*										
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Labiostrombus*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*latissimus*										
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*luhuanus*										
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*sinuatus*										
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*fenestratus*										
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*										
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Trochus*	*niloticus*										
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Astraea*	*rhodostoma*		1								
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*argyrostomus*										
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*chrysostomus*										
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*elegans*										
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*petholatus*										
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*setosus*										
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Turridae	*Turris*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Vasidae	*Vasum*	*ceramicum*										
Mollusques	Gastéropodes	Vasidae	*Vasum*	sp.										
Mollusques	Gastéropodes	Vasidae	*Vasum*	*turbinellus*									1	
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*electra*										
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*inornata*								-1		
Mollusques	Nudibranches	Cephalaspidea	*Sagaminopteron*	*ornatum*							-2			
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Cadlinella*	*hirsuta*							1			
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Cadlinella*	sp.							-1			
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*elisabethina*										
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*kuniei*							-2			
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*leopardus*	-1									
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	sp.										
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Glossodoris*	*rubroannulatus*										
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Risbecia*	*tryoni*										
Mollusques	Nudibranches	Doridiidae	*Halgerda*	*johnsonorum*										
Mollusques	Nudibranches	Doridiidae	*Halgerda*	sp.										
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*calsonhoffi*										
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*coelestis*										
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*ocellata*										
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	sp.										
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*varicosa*										1
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*picta*										
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*pustulosa*	1	-1			1	-1		1	1	
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	sp.										
Tortue	Tortue bonne écaille	Cheloniidae	*Eretmochelys*	*imbricata*										
Tortue	Tortue grosse tête	Cheloniidae	*Caretta*	*caretta*										
Tortue	Tortue verte	Cheloniidae	*Chelonia*	*mydas*									1	
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	*Spirobranchus*	*giganteus*	2	2	2		2	2		3	3	

Tableau n°331 : Annexe 05 : Inventaire des coraux et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

			Station	**Ioro**			**Banc Ionotea**			**Chambeyron**			**Puka**		**Banc De Kié**			**Ilot Kié**			**Récif Toémo**			**Ilot Ugo**	
			Transect	ST05 A	ST05B	ST05 C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST10A	ST10B	ST10 C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
			Profondeur	5 m	10 m	20 m	9 m	15 m	20 m	7 m	17 m	20 m	9 m	12 m	7 m	16 m	20 m	7 m	15 m	20 m	6 m	10 m	20 m	7 m	13 m
Groupe	**Famille**	**Genre**	**Espece**																						
Antipathaire	Antipathidae	*Antipathus*	sp.		-1	2	2	2	2			2						1	2	2		2	2		**1**
Antipathaire	Antipathidae	*Cirripathes*	sp.		2	2			**2**		1	2						2	2	2		1	**1**		2
Gorgone	Ellisellidae	*Nicella*	*laxa*																						
Gorgone	Gorgone	Indéterminé	sp.	1	2(2spp)	2(2spp)		2	2(2spp)	2	2	-2	2(2spp)		2(2spp)	2(3spp)	2(3spp)	2(3spp)	2(2spp)	2(2spp)	2	2(3spp)	2		**1**
Gorgone	Melithaeaidae	*Melithaea*	*ochracea*																						
Gorgone	Plexauridae	*Astrogorgia*	*mengalia*																						
Milleporina	Milleporidae	*Millepora*	spp.(branchu)	2	2		-2	2			**1**		2	-2		2	2	1	2					2	-1
Milleporina	Milleporidae	*Millepora*	spp.(encroutant)	1	2		1	2	**1**		2		1	1	1	2	2	2		2	2	2		2	
Milleporina	Milleporidae	*Millepora*	spp.(submassif)												-1			2	2			2		1	1
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*cytherea*															2	2						
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*florida*				-2	1(B1)					2(B2)					2	2		-2	2(B1)			
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*formosa*							2(B1)			2(B1)								2(B1)			2	
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*gemmifera*																						
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*grandis*																						
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*humilis*																						
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*hyacynthus*															2	2(B1)	1					
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*longicyathus*																						
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*millepora*							2			2		2						2				
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*monticulosa*				2			2					3			2			2				
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	*robusta*															2							
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	spp.(branchu)	**2(3spp)**	2(3spp)(B1)	2	3(4spp)(B1)	2(3spp)(B2)	-2	5(5spp)(B2)	3(2spp)(B2)	2(2spp)(B1)	**3(4spp)(B2)**	**1(B1)**	3(4spp)(B2)	**3(3spp)(B2)**	**2(3spp)(B2)**	5(8spp)(B2)	3(3spp)(B2)	2(3spp)	5(5spp)(B2)	3(3spp)(B2)	-2	**4(6spp)(B2)**	**3(5spp)(B2)**
Scléra.	Acroporidae	*Acropora*	spp.(tabulaire)	3	3(2spp)(B1)		4(3spp)(B1)	2(2spp)(B2)	2(B1)	4(3spp)(B2)	3(2spp)(B2)	2(B1)	3(2spp)(B2)	2(B2)	**5(3spp)(B2)**	**4(3spp)(B2)**	**4(2spp)(B2)**	4(2spp)(B2)	3(4spp)(B2)	2(2spp)	5(4spp)(B2)	4(4spp)(B2)	2(2spp)(B1)	**2(2spp)(B2)**	2(2spp)(B2)
Scléra.	Acroporidae	*Anacropora*	*forbesi*																						
Scléra.	Acroporidae	*Anacropora*	*puertogalerae*																						
Scléra.	Acroporidae	*Anacropora*	sp.																						
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*explanata*	1									2(B1)							1					
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*gracilis*	2	2		2			2	1(B1)	-1	2(B1)	1	2			1	1		1	2		**1**	1
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*listeri*										1												
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*moretonensis*										-1			**1**		1	1						
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	*myriophthalma*				2	2	-1	1	1	1	2(B1)	**1**	1	2	2	2	2		2	2		2	**1**
Scléra.	Acroporidae	*Astreopora*	sp.	1	1	1									2	2	1	1	2	-1		2(B1)		**1**	
Scléra.	Acroporidae	*Isopora*	*cuneata*										-1	1											
Scléra.	Acroporidae	*Isopora*	*palifera*	2	2							-1	2(B1)	-2				2	2		2	2		**2**	
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*caliculata*																						
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*danae*	1			1				1							2	2(B1)	**2**		1			1
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*foveolata*																				1		
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*hispida*																						
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*lamelosa*										1												
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*samarensis*																						
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	spp.	**3(4spp)**	3(2spp.)	2	4(4spp)(B2)	2(4spp)(B2)	2(3spp)(B1)	4(2spp)	3(3spp)(B1)	2	2(3spp)(B2)	2(3spp)(B2)	3	2	2	3(B2)	3(B2)	2(2spp)	4(2spp)(B2)	3(4spp)(B1)	**2(2spp)**	3(3spp)	3(3spp)(B2)
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*spumosa*																						
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*stellata*																						
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*tuberculosa*	2									1					**2**			2				2
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*undata*		2					1	1				**2**	1	1	2(B1)	2		1				
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*venosa*																						
Scléra.	Acroporidae	*Montipora*	*verrucosa*		1							1			**2**	**2**	1	2(B1)	2		2			2	
Scléra.	Agaraciidae	*Coeloseris*	*mayeri*	-1												1									
Scléra.	Agaraciidae	*Gardineroseris*	*planulata*				1	1	-1									1	1		2	**2**	1	1	
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*explanata*						1(B1)			-1													1
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*foliosa*																						
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*gardineri*																						
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*hawaiiensis*																						1
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*mycetoseroides*																1	1				-1	
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*scabra*			1			-1		1	1								1					
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*tubulifera*																						
Scléra.	Agaraciidae	*Leptoseris*	*yabei*																1						

Scléra.	Agaraciidae	*Pachyseris*	*rugosa*															2						
Scléra.	Agaraciidae	*Pachyseris*	*speciosa*	2	2	2	2	2(B1)	2(B1)		2(B1)		3(B2)	2(B1)	2	3(B1)	3	2	2	3	2(B1)	2	-2	2(B1)	2(B1)
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*cactus*																					
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*clavus*				1	1(B1)	-2									1	1(B1)	1					
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*decussata*	2	2				-1				2(B1)						1					2	
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*duerdeni*				1	2	1		2	1				1	1	2	2(B1)		1	2			
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*explanulata*	2	2	1		1	1		2	1				2	2	2	2	1	1	1		2	2
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*maldivensis*	2	1		1	1			1(B1)		1(B1)					2	2(B1)		2(B1)	2		2	2(B1)
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	sp.																						
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*varians*	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2		2	2		2	2	2	2	2	2	3	2
Scléra.	Agaraciidae	*Pavona*	*venosa*																						
Scléra.	Astrocoeniidae	*Palauastrea*	*ramosa*																					1	
Scléra.	Astrocoeniidae	*Stylocoeniella*	*armata*	2	2	2							2		-1	1		2		2		1	1	2	2
Scléra.	Astrocoeniidae	*Stylocoeniella*	*guentheri*										1					1							1
Scléra.	Astrocoeniidae	*Stylocoeniella*	sp.															-2							
Scléra.	Caryophylliidae	*Euphyllia*	*ancora*																1						1
Scléra.	Caryophylliidae	*Euphyllia*	*cristata*																						
Scléra.	Caryophylliidae	*Euphyllia*	*divisa*																						
Scléra.	Caryophylliidae	*Euphyllia*	*glabrescens*																			1			
Scléra.	Caryophylliidae	*Physogyra*	*lichtensteini*						1															1	
Scléra.	Caryophylliidae	*Plerogyra*	*sinuosa*			1													2						1
Scléra.	Dendrophylliidae	*Tubastraea*	*micrantha*		2	2																			
Scléra.	Dendrophylliidae	*Tubastraea*	sp.	2	2	2	2	2	2	2	1	2			4	4	4			2	2	2	2	3	3
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*frondens*		1											2	2					1			1
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*heronensis*																						
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*mesenterina*	2	2		1	2	1(B1)	1	2(B1)	-2	2(B1)			2	2	2	2			2	-1	2	
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*patula*										-1			2	1		1						
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*peltata*	2	2		2	2(B1)	1(B1)				2(B1)			2	2		2		2	2	2(B1)	2	1
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*radicalis*		-1		1	-1		2	-1		1		2							-1			
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*reniformis*	2	2			2(B1)	-1		2	-1	2(B1)	-1		-1	-1	2	2			2	1	2	2
Scléra.	Dendrophylliidae	*Turbinaria*	*stellulata*				1		-1		1				2	2						1			
Scléra.	Faviidae	*Barabattoia*	*amicorum*	2	2	1	2	2(B1)		2	2(B1)	2	2(B1)	2	2	2	2				2	2		2	
Scléra.	Faviidae	*Caulastrea*	*curvata*																						
Scléra.	Faviidae	*Caulastrea*	*furcata*										1												
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	*chalcidicum*	1	1	1		1	1			1											1		1
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	*japonica*	2	2	1		2	1									1		1				2	2
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	*microphtalma*									1			-1			2							-1
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	*serailia*	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1		2	2	2	2	1	2	2
Scléra.	Faviidae	*Cyphastrea*	sp.	1	1					-1			2		-2						1	1	-1		
Scléra.	Faviidae	*Diploastrea*	*heliopora*		2																				
Scléra.	Faviidae	*Echinopora*	*gemmacea*	1	1		-1	2	-1				2(B1)			2(B1)		2	2	2	2	2		2	2
Scléra.	Faviidae	*Echinopora*	*lamellosa*	1	1	-1	-1	2(B1)					2(B1)			2(B1)	2(B1)	2	2		2	1		2	1
Scléra.	Faviidae	*Echinopora*	sp.															1		-2					-2
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*favus*							1							1			1					
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*laxa*				1											1		1					
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*maritima*										1										1		
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*matthai*				1																		
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*maxima*				2(B1)	2	-2		1			1		1	1	1	1	1		1	1	1	1
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*rotumana*				1		1						1										
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*rotundata*											-1	-1				2						1
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*speciosa*	1		2	2(B1)	1	2		1					1		1			2(B1)	2(B1)		2	2
Scléra.	Faviidae	*Favia*	spp.	2(2spp)	2(2spp)	2(2spp)		2		2(2spp)	2(2spp)	2	2(2spp)(B1)	2	2(3spp)	3(3spp)(B1)	2(3spp)	2(2spp)(B1)	2(2spp)	2	3(3spp)(B1)	3(4spp)(B1)	2(2spp.)(B1)	3(2spp)	2(2spp)(B1)
Scléra.	Faviidae	*Favia*	*stelligera*																		2			1	
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*abdita*	1				2(B1)					1		2			1	2		1	1			
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*chinensis*						-2	2	1					1									
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*flexuosa*			1			1																
Scléra.	Faviidae	*Favites*	*halicora*	1	1		2	1		2			2		2			2	1		2			1	

Scléra.	Faviidae	*Favites*	*pentagona*																					
Scléra.	Faviidae	*Favites*	spp.	2(2spp)	2(2spp)	2(2spp)	2(3spp)	2(2spp)(B1)	2(2spp)	2	2	2	2(3spp)(B1)	2	**3(3spp.)**	2(2spp)(B1)	2(2spp.)	2(2spp)	2(2spp)	2	3(3spp)(B1)	**3(4spp)(B1)**	2	3(4spp)	**2(2spp)(B1)**
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*aspera*				1	**1**																	
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*australiensis*	**2**	1				**2**	**2**			2	**2**	2	2	2	1			2	1	1		
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*favulus*												**2**	**2**									
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*palauensis*																						
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*pectinata*	1																				1	
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	*retiformis*																						
Scléra.	Faviidae	*Goniastrea*	sp.														-1	1			2				2
Scléra.	Faviidae	*Leptastrea*	*inaequalis*			1		1		1		-1	1	-1		1	2	1	-1		2	1	1		
Scléra.	Faviidae	*Leptastrea*	*purpurea*	1	-1	1		1	1		1	-1	1	1	1				1			1			
Scléra.	Faviidae	*Leptastrea*	sp.																1						
Scléra.	Faviidae	*Leptastrea*	*transversa*		1													1					1	1
Scléra.	Faviidae	*Leptoria*	*phrygia*	2			2(B1)	2(B1)	**1(B1)**	3	2	1	2(B1)		2	2(B1)	2	2	2	2	2(B1)	2(B1)	1	1	
Scléra.	Faviidae	*Montastrea*	*annuligera*					1	1	1			1(B1)		1						1				
Scléra.	Faviidae	*Montastrea*	*curta*	1			2(B1)	1(B1)	**1**	2	2(B1)	**2(B1)**		1(B1)	2	2	2	2		1	2	2(B1)	2	2	1
Scléra.	Faviidae	*Montastrea*	sp.	1			1(B1)			-1	1	1		1				2			2	1		1	
Scléra.	Faviidae	*Oulastrea*	*crispata*						-1					-1							1	-1			
Scléra.	Faviidae	*Oulophyllia*	*bennettae*																1(B1)	1			1		
Scléra.	Faviidae	*Oulophyllia*	*crispa*	1			1		-1		-1					1			1	-1					
Scléra.	Faviidae	*Oulophyllia*	sp.															**1**	-2						
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	*daedalea*	2	1		2	1		2			2	1	2	2	2	2	2	1	2	2			
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	*lamellina*					-1																	
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	*pini*		1		2						1	1			1	1		2	1				
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	*sinensis*	1			1	1		1			1	1	**2**	2	1				1	2	1	1	
Scléra.	Faviidae	*Platygyra*	sp.											-1				2	2	-2					
Scléra.	Faviidae	*Plesiastrea*	sp.												1					1					
Scléra.	Faviidae	*Plesiastrea*	*versipora*																						
Scléra.	Fungiidae	*Cantharellus*	*jebbi*																						
Scléra.	Fungiidae	*Cantharellus*	*noumeae*																						
Scléra.	Fungiidae	*Ctenactis*	sp.																						
Scléra.	Fungiidae	*Cycloseris*	*cyclolites*																					2	
Scléra.	Fungiidae	*Cycloseris*	*sinensis*																						
Scléra.	Fungiidae	*Cycloseris*	sp.		1				-1			-1	-1					-2	2					**1**	2
Scléra.	Fungiidae	*Diaseris*	*fragilis*																						
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*danai*																						
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*echinata*																					2	
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*granulosa*					1	-1		2								-1					1	
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*horrida*						2(B1)									2	2						
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*paumotensis*																					-1	
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*repanda*								2	2												2(B1)	3(B2)
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*scutaria*					**1**																	2
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	*simplex*		1			1	1									1	2					2(B1)	2(B1)
Scléra.	Fungiidae	*Fungia*	spp.	2(3spp)	2			**2(B1)**	2(B1)	-1	2(2spp)	2(2spp)	2(2spp)(B1)	-2		2(2spp)	2(2spp)	2(2spp)	2(2spp)	2(2spp)	**1**	-2	2(2spp)		4(5spp)(B1)	4(5spp)(B2)
Scléra.	Fungiidae	*Halomitra*	*pileus*																						
Scléra.	Fungiidae	*Herpolitha*	*limax*										-1									-2	**1**		**2**
Scléra.	Fungiidae	*Lithophyllon*	*mokai*																						
Scléra.	Fungiidae	*Podabacia*	*crustacea*				-2	-1					-1					-1	2						
Scléra.	Fungiidae	*Podabacia*	*motuporensis*																						
Scléra.	Fungiidae	*Polyphyllia*	*novaehibernia e*										**1(B1)**												
Scléra.	Fungiidae	*Polyphyllia*	*talpina*					-1					**1**	-1								**1**	**1**	**1**	2(B1)
Scléra.	Fungiidae	*Sandalolitha*	*dentata*																						
Scléra.	Fungiidae	*Sandalolitha*	*robusta*	2	1			**1**	2(B1)		2	2	2	-1				1		1		2	**1**	**1**	2(B1)
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*exesa*		1	-1	2	2(B1)	-1				**1**		2	2(B1)	1	2	2		2	2(B1)			
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*grandis*	1												-2		2						**2(B1)**	
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*microconos*	2			3	**1**	-2	2			2		3	2	**2**	2	2		**3**	2		2	1
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*pilosa*					**1**								**2(B1)**		2			2				
Scléra.	Merulinidae	*Hydnophora*	*rigida*		-1			1					2		-2			2	2		2	2		1	
Scléra.	Merulinidae	*Merulina*	*ampliata*	2	2	1	2	2(B1)	**1(B1)**	-1	2(B1)		2(B1)	-1		2	2	**2**	2	2	2(B1)	2		2(B1)	2(B1)
Scléra.	Merulinidae	*Merulina*	*scabricula*	2	1		-2	-2					2					2	2			1		**1**	
Scléra.	Merulinidae	*Scapophyllia*	*cylindrica*				**2**	1			1	1			**2**			2	2		1	2			
Scléra.	Mussidae	*Acanthastrea*	*bowerbanki*				1								**2**	2	2						1		
Scléra.	Mussidae	*Acanthastrea*	*echinata*	1	1	1	2	1	1	**2**	2		2		2	**3**	2	2	2	2	**3**	2(B1)	2	2	
Scléra.	Mussidae	*Acanthastrea*	sp.										2											1	
Scléra.	Mussidae	*Blastomussa*	*merleti*																						
Scléra.	Mussidae	*Blastomussa*	*wellsi*								1														
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	*corymbosa*	2	2	2	2	2(B1)	**1(B1)**	2	2(B1)	2	2(B1)	1		2	2	2	2	2	2	2(B1)	2(B1)	3(B1)	**2**
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	*hattaii*												1	1	**2**			**1**		1	1		
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	*hemprichii*			**1**	1	2	1(B1)	2	1	1	1	1	-1	1		2	2	2	2	2		**2**	2
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	*pachysepta*										-1					1							
Scléra.	Mussidae	*Lobophyllia*	sp.										2					2	1	1				-2	
Scléra.	Mussidae	*Scolymia*	*australis*													2	2	1						1	1
Scléra.	Mussidae	*Scolymia*	*vitiensis*	2	**2**		2	**2(B1)**	2		2	2	2			2	**2**	**2**	2	2		2	**1**	2	2

Scléra.	Mussidae	*Symphyllia*	*radians*				2	1		1	1	1								1	1			
Scléra.	Mussidae	*Symphyllia*	*recta*					1	1						2							1			
Scléra.	Mussidae	*Symphyllia*	sp.	2		1	1	1		2	2	-1	1		1	2		1	1	1	1	1			
Scléra.	Mussidae	*Symphyllia*	*valenciennesii*							1	1					1									
Scléra.	Oculinidae	*Acrhelia*	*horrescens*																						
Scléra.	Oculinidae	*Galaxea*	*astreata*			2		-2	-2				-1					2	1		2				
Scléra.	Oculinidae	*Galaxea*	*fascicularis*	2	2	2	3(B2)	3(B1)	2(B1)	3	2	2	3(B2)	2(B1)	4	3(B1)	3(B1)	3	3	2	5(B1)	4(B2)	2	2	2(B1)
Scléra.	Oculinidae	*Galaxea*	*paucisepta*																						
Scléra.	Pectiniidae	*Echinomorpha*	*nishihirai*																						
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	*aspera*					1	1(B1)		1					1		2							
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	*echinoporoides*										1	1		1									
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	*horrida*	2	1								-1					2(B1)	2					2(B1)	1
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	*orpheensis*						1											1					1
Scléra.	Pectiniidae	*Echinophyllia*	sp.			1							2					2	1	1		1			
Scléra.	Pectiniidae	*Mycedium*	*elephantotus*			1		1(B1)	1(B1)		2(B1)	1	1				-1		1	2		1		1	1(B1)
Scléra.	Pectiniidae	*Oxypora*	*glabra*			1							-1			1	1								
Scléra.	Pectiniidae	*Oxypora*	*lacera*						1								1		1	1					1(B1)
Scléra.	Pectiniidae	*Oxypora*	sp.								1														
Scléra.	Pectiniidae	*Pectinia*	*lactuca*	2	2			2	2(B1)		1		2(B2)			1		2	2			2(B1)		2(B1)	
Scléra.	Pectiniidae	*Pectinia*	*paeonia*	2	2								1											2(B1)	1(B1)
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*damicornis*	2	2	-2	2(B1)	2(B1)	2(B2)	2	2	2	3(B2)	2(B2)	3	2(B1)	2(B1)	3	2	2	2	3	2(B1)	2(B1)	-2
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*eydouxi*				1	1					2		2						2	1			
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*meandrina*					1	-2	2(B1)	3(B1)		-2		2	2(B1)	2			1	2	-2			
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*verrucosa*	2	2		2	2	1	3	3(B1)	2	2(B1)		3	2(B1)	2	2	2	2	3	2	-2	2	-2
Scléra.	Pocilloporidae	*Pocillopora*	*woodjensis*																						
Scléra.	Pocilloporidae	*Seriatopora*	*calendrium*				2	2(B1)	1(B1)	2	1	1	3(B2)	-2	2(B1)	2(B1)	2(B1)	2(B1)	2(B1)	2	4(B2)	3(B2)	-2		
Scléra.	Pocilloporidae	*Seriatopora*	*histrix*	2	2		2(B1)	3(B2)	2(B1)	2(B1)	2(B1)	2	3(B2)	1	2(B1)	2(B1)	2(B1)	2(B1)	2(B1)	2	2(B1)	2	2(B1)	2(B1)	2(B1)
Scléra.	Pocilloporidae	*Stylophora*	*mordax*				1														2	2		1	
Scléra.	Pocilloporidae	*Stylophora*	*pistillata*	2	2		2	2(B1)	1(B1)	2	2(B1)	1	3(B2)	2(B2)				3(B1)	2	2		2(B1)	1	2	2(B1)
Scléra.	Pocilloporidae	*Stylophora*	*subseriata*					-1			1		-1										-1		
Scléra.	Poritidae	*Alveopora*	*catalai*																						
Scléra.	Poritidae	*Alveopora*	sp.	2	2			1	1	1			2					2	3(B1)	2	2				2
Scléra.	Poritidae	*Alveopora*	*spongiosa*			1				1	2	1	2		1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	
Scléra.	Poritidae	*Goniopora*	sp.	1	2	2					1		2	-2	2	2	2	2	2	1	2	2		2(B1)	3(B1)
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*cylindrica*	2	2																			2	2
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*heronensis*																						
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*lichen*	2	2								2(B1)	1							2(B1)	2(B1)			
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*lobata*	4	3		2	2	1	2	2	2(B1)	3(B2)	4(B2)	3	3	2	2(B1)	3	2	2	2(B1)	2		
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*lutea*	2	2		2	2							1										
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*nigrescens*	2	-2																			2	-2
Scléra.	Poritidae	*Porites*	*rus*																						
Scléra.	Poritidae	*Porites*	sp.		2	2			2	2	3(B1)	2	2(B2)		2	2		2	2		2	2	2	5(B2)	3(B2)
Scléra.	Siderastreidae	*Coscinaraea*	*columna*	2	2		1	1			1		1		2	2(B1)	2(B1)	2	2	2	2	2	1	2	2
Scléra.	Siderastreidae	*Coscinaraea*	*exesa*						1		1		1					1			1	1			
Scléra.	Siderastreidae	*Coscinaraea*	*marshae*																						
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*claudiela*																						
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*contigua*	1	1		2	2(B1)								1	1	2			2			1	
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*digitata*				1						1					2	2			1			
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*haimeana*												2	2	2	2							
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*profundacella*	1		1			1						2		2							1	1
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	sp.																						
Scléra.	Siderastreidae	*Psammocora*	*superficialis*										1		1	2					1	1			
Scléra.	Trachyphylliidae	*Trachyphyllia*	*geoffroyi*																						
Stolonifera	Tubiporidae	*Tubipora*	*musica*			1							2	3	2	2	2	2	3	2				2	

Tableau n°332 : Annexe 05 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

				Station	Ioro	Ioro	Ioro	Banc Ionotea	Banc Ionotea	Banc Ionotea	Chambeyron	Chambeyron	Chambeyron	Puka	Puka	Banc De Kié	Banc De Kié	Banc De Kié	Ilot Kié	Ilot Kié	Ilot Kié	Récif Toémo	Récif Toémo	Récif Toémo	Ilot Ugo	Ilot Ugo
				Transect	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST10A	ST10B	ST10C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
				Profondeur	5 m	10 m	20 m	9 m	15 m	20 m	7 m	17 m	20 m	9 m	12 m	7 m	16 m	20 m	7 m	15 m	20 m	6 m	10 m	20 m	7 m	13 m
Groupe	**Sous groupe**	**Famille**	**Genre**	**Espece**																						
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	2				-2	-2		2	2	2	2		-2	-2	2	2		2	2	2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Distromium*	sp.																						
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	*variegata*										2	2				2	2			2		2	2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	2	-2			-2	-2		-2	1	-2	-2				-2						-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Spatoglossum*	sp.																						
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Sargassum*	sp.																						
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	-2			2			2			-2		5	3								-2	

Algues brunes	Phéophycées	Scytosiphonaceae	*Hydroclathrus*	sp.																					
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*				-4	2	2	-3	2	-2	-3	-2	4	3	-2	2			3	3	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	2	2	2	2	2	2				2	2	2	3	3	2	2	2	3	3	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	*vanbosseae*				-2	2	2				-2	-2											
Algues rouges	Rhodophycées	Dumontiaceae	*Gibsmithia*	*hawaiiensis*													1	-1								
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*armatum*																						
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*sandvicense*																			1	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	*fragilis*																						
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	sp.										2	-1								2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	*marginata*																						
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.																						
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Liagora*	sp.																						
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*				-3	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-2	-3	-4	-4	-2			-4	-3	-2		
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.																						
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*racemosa*															-2							
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	-1				-2					-2		2(2spp.)	2(2spp.)	-2	-2							
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*mamillosum*													3	3								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*													3	5								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.												2	3	4								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*												2	4	5								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladacea	*Bornetella*	*oligospora*												3	5	5								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladacea	*Neomeris*	*vanbosseae*										2	2		2					2	2	2		
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	2(2spp)	2		-2	2	-2		2		2	-2	-3	2	3	2(2spp)	2			2	2	2	2
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*												5	4	2								
Algues vertes	Chlorophycées	Udodeaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	2	1						-2	-1	-2		2	2	2	2			-2	-2	2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Avrainvillea*	*obscura*																						
Ascidies	Ascidies	Diazonidae	*Atriolum*	*robustum*					2			1	1				3	2					2	2		
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	cf.*minisculum*																						
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	*molle*										-2		3	3	3	-2			2		2		
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp.(blanche)					2	-2		2		2		2	3	3		1	2	2	2	2		
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroutante	verte												5	3	2								
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroutante	violetblanc												5	3	2				2	2	2		
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Indéterminé	sp.										2												
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Citorclinum*	*laboutei*																						
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*										2									2	-2		
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*flava*																						
Ascidies	Ascidies	Polyclinidae	*Aplidium*	*flavolineatum*																			-2	-2		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*		2		2	2	-2	2	3	2	2	-2	3	3	3	-2	1	1	3	3	2	2	1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*clavata*					1	2		2	2				-2	2			2			1		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2		2	3	2	2	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*glabra*																						
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*mytiligera*																						
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	2	3	2	3	3	3	5	3	2	2	2	5	5	5	2	2	2	3	2	3	3	3
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*papilata*																						
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*pigmentata*													2	2								
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp1.(blanche)		-1	1		1					-1		2	3		-1	1				1		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp2.(transparente)																		-1				
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Symplegma*	*alterna*																						
Bryozoaires	Cyclostomes	Indéterminé	Indéterminé	sp.		-1																	1			
Bryozoaires	Cyclostomes	Phidoloporidae	*Reteporellina*	sp.																						
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	*Alcyionidium*	sp.	2	3	3					2	2		2	2	3	3					2	2		

Cnidaires	Actiniaires	Actiniidae	*Entacmaea*	sp.																					
Cnidaires	Actiniaires	Actinodendriidae	*Actinodendron*	sp.																					
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	cf.*rhodostoma*										2								3			
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	sp.										2											
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	Indéterminé	sp.																					
Cnidaires	Actiniaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.											-2										
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*aurora*	1									-1	1										
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*crispa*							2														
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*magnificus*														-1		1					
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	sp.	-1											1	1								
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Macrodactyla*	*doreensis*																					
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Stichodactyla*	sp.	1												1	1							
Cnidaires	Actiniaires	Thalassianthidae	*Cryptodendrum*	*adhaesivum*																					
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Cladiella*	sp.										2							2	2	3		
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*klyxum*	sp.																				-1	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Lobophytum*	sp.		-1	1	-2	2	2		2	2	2	2(B1)	5	3	2	-2	-2	2	2(B1)	3	2(B2)	2	2
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Rhytisma*	sp.												3	3	2							
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sarcophyton*	sp.			2			1				3	-2	3	2	3	-2	-2	-2	-2	3	2(B2)	5	5(2spp.)
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*dura*																					
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*flexibilis*																					
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*leptoclados*																					
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	sp.			-2		2	2	2	2		2	2	3	2	3	2	2	2	-3	3	2	2	2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Dendronephthya*	sp.			-2			-2			2			3	3(2spp.)	3		2						
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Nephthea*	sp.			1		1							5	4	3	2	2	1	3	3		2	2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Xenia*	sp.				2	2	2	2			3	2	5	4	4	2	3	3	3	3	2	2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	*Chironephthya*	sp.			2																			
Cnidaires	Hydrozoaires	Aglaophenidae	*Aglaophenia*	*cupressina*		-2																			
Cnidaires	Hydrozoaires	Aglaophenidae	*Aglaophenia*	*phillippina*																					
Cnidaires	Hydrozoaires	Aglaophenidae	*Macrorhynchia*	*phoenicea*																			1		
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	2	2	2		2	2	2	2	1	2	2	2	2	3		2	2	2	2	2	-1	1
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.					-2					-1			2	2							-2	-2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Palythoa*	sp.	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2
Crustacés	Décapodes	Diogenidae	*Dardanus*	sp.		-1	-1										-1									
Crustacés	Décapodes	Palinuridae	*Panulirus*	*Longipes bispinosus*																						
Crustacés	Décapodes	Palinuridae	*Panulirus*	*ornatus*																						
Crustacés	Décapodes	Palinuridae	*Panulirus*	*penicillatus*																						
Crustacés	Décapodes	Palinuridae	*Panulirus*	*versicolor*																						
Crustacés	Décapodes	Scyllaridae	*Arcitides*	sp.																						
Crustacés	Décapodes	Scyllaridae	*Parribacus*	sp.																						
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Symploca*	*hydnoides*																						
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Phormidium*	sp.		-2	-1		3	4	-2	3	3	4	2	-2			2	2	1	2	2	2	2	2
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*planci*															-1							
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Celerina*	*heffernani*			1						1		-1			-1			2					1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*indica*	-1							1	1	2	2						1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*														-1								
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*monilis*																1	1		1	1	1	
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	sp.																						
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*		1		1		1	2	2	2	2	1		2	2		1	1	2		2	1	1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Gomophia*	sp.																						
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Linckia*	*laevigata*							-1					-1										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Linckia*	*multifora*	1	1			1		2	1			2		1		2	1		1	1		2	
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*					1	1	2		1	1			-1	1		1	2	2	2	1	1	2
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Nardoa*	sp.																						
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Neoferdina*	*cumingi*																						
Echinodermes	Astéries	Oreasterridae	*Culcita*	*novaeguineae*																						
Echinodermes	Crinoïdes	Colobometridae	*Cenometra*	sp.																			2			
Echinodermes	Crinoïdes	Comasteridae	*Comanthus*	*bennetti*		2	1																			
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.		2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	5	4	3	2	2	1	2	1	2	2	2
Echinodermes	Echinides	Brissidae	*Metalia*	sp.																						
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	*Phyllacanthus*	*imperialis*																						
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*												1	2	2						-1		
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	2	1			-1	2		2	2	2	-1	2	2	2		1	1		1	-1	2	1
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	sp.		-1					1						1	2								
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*				1								2	2	2								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	2											2	1									
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	2	1		2	2		1	1		2		3	2	2				1	2		2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Heterocentrotus*	*mammillatus*																						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Heterocentrotus*	*trigonarius*																						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*												2	2	2				-2				
Echinodermes	Echinides	Laganidae	*Laganum*	*depressum*																						

				tonganense																					
Echinodermes	Echinides	Schizasteridae	*Schizaster*	*lacunosus*																					
Echinodermes	Echinides	Spatangidae	*Maretia*	*planulata*																					
Echinodermes	Echinides	Spatangidae	*Maretia*	sp.																					
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	*Toxopneustes*	*pileolus*																					
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*echinites*											-1				1						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*								-1													
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*					1																
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*																					
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	-1					1										1				1	1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*graeffei*																			1	1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*					2	-2	-1	1	2		2			-2	-1	1	1		1	2		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*coluber*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*					-2	2		1	1	-1	-1				-1	1	-1		1	1	1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscogilva*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	-2	1								-2	-2											
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*hilla*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*nobilis*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*scabra*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	sp.																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*					1	2				-1				-2								
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*																						
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*pseudhorrens*																						
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	1				-1	1		-1	1					1	2		1					
Echinodermes	Holothurides	Stichoporidae	*Stichopus*	*variegatus*						1																
Echinodermes	Holothurides	Stichoporidae	*Thelenota*	*anax*						1																1
Echinodermes	Holothurides	Synaptidae	*Synapta*	*maculata*																						
Echinodermes	Holothurides	Synaptidae	*Synapta*	sp.																						
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	2	2			2		1	2					2	2	2	2						2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*										-2		4	3	2	2	2	1		2		2	2
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Euapta*	*godeffroyi*																						
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Opheodesoma*	sp.																						
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	*Hamigera*	*strongylata*		2	2		1	1				2	2		2	2				-2	2	2		2
Eponges	Spongiaires	Ancorinidae	*Stellata*	*globostellata*													2									
Eponges	Spongiaires	Ancorinidae	*Stellata*	sp.																						
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastella*	*cantharella*										-2										1		
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastella*	*concentrica*																						
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Ptilocaulis*	*fusiformis*						1																
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Stylissa*	*flabelliformis*																						
Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	*Dactylia*	*delicata*													-2									
Eponges	Spongiaires	Chalinidae	*Haliclona*	*olivacea*																						
Eponges	Spongiaires	Clathrinidae	*Clathria*	*bargibanti*																						
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*jullienei*	3	3	2	1	2	2	2	2	2	3	4	2	2	2	1	2	2	3	3	3	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*orientalis*	3	4	3	3	5	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*arenaria*																						
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*herbacea*				-2	2	2		1		1	1					2	1	3	3	2	2	
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	sp.										-1												
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(beige,lamelle)									-2					-2								
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(jaune)																						
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(marron)																						
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(noire)	2	2	2	-2	2	3		2	2	2	2	3	3	3	-2	2	2		3	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(orange)					1	1															1	2
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.(rouge)													-2									
Eponges	Spongiaires	Leucettidae	*Leucetta*	*chagosensis*							1	1		2		-2	2						2			
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	*Clathria*	*rugosa*		1	3							2	2		-2	2	2	2	2				2	3
Eponges	Spongiaires	Petrosiidae	*Xetospongia*	*bergquistia*																						
Eponges	Spongiaires	Phoriospongiidae	*Strongylodesma*	sp.																						
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	*Spheciospongia*	*vagabunda*										2	2		2	2		2	2	2	2	2		
Eponges	Spongiaires	Thorectidae	*Petrosaspongia*	*nigra*																						
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Anadara*	sp.																						
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Anadara*	*trapezia*																						
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Arca*	*ventricosa*	3	4	2		2			2	2	2	2	2	2			2	2	2	2		3	2
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Acrosterigma*	*unicolor*																						
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Ctenocardia*	sp.																						
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Laevicardium*	*attenuatum*																						
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Lunilicardia*	sp.																						
Mollusques	Bivalves	Cardiidae	*Nemocardium*	*bechei*																						
Mollusques	Bivalves	Chamidae	*Chama*	sp.																						
Mollusques	Bivalves	Fasciolariidae	*Pleuroploca*	*filamentosa*				1			1															
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Alectrionella*	*plicatula*																						
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	*hyotis*	1	1	-1					2							2	2	2		2	1		1
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	sp.															1							
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	*Isognomon*	*isognomon*		2	2							2						2	2				2	2
Mollusques	Bivalves	Malleidae	*Malleus*	*anatinus*																						

Mollusques	Bivalves	Malleidae	*Vulsella*	*vulsella*																				
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Lithophaga*	sp.																				
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Modiolus*	sp.																				
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Trichomia*	*hirsutus*																				
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Lopha*	*cristagalli*																				
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Lopha*	sp.																				
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	*cucullata*																				
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	sp.																				
Mollusques	Bivalves	Pectinidae	*Annachlamys*	sp.																				
Mollusques	Bivalves	Pectinidae	*Chlamys*	*squamosa*																				
Mollusques	Bivalves	Pectinidae	*Gloripallium*	sp.																				
Mollusques	Bivalves	Pectinidae	*Mimachlamys*	*gloriosa*																				
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Athrina*	sp.																				
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Athrina*	*vexillum*																				-1
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Pinna*	sp.												1			1					
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pinctada*	*maculata*																				
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pinctada*	*margaritifera*															2	2		1		-1
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	*peguin*																				
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	sp.		2			1							2			1	2			1	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Pedum*	*spondyloideum*	2	3	2	2	2			2	2	2		2	2			2	2	2	2		2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Spondylus*	sp.	1	2						2					2	1	1	2	1				1	1
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Hippopus*	*hippopus*																						
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*crocea*	2																					
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*derasa*															-1							
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*maxima*	1			1			1					2			1			2			1	-1
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*squamosa*							2	1													1	
Mollusques	Bivalves	Veneridae	*Antigona*	*puerpera*																						
Mollusques	Bivalves	Veneridae	*Gafrarium*	sp.																						
Mollusques	Bivalves	Veneridae	*Marcia*	*japonica*																						
Mollusques	Gastéropodes	Bursidae	*Bursa*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	*Cerithium*	*nodulosum*																						
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	*Cerithium*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	*Gourmya*	*gourmyi*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*arenatus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*capitaneus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*imperialis*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*litteratus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*lividus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*magnificus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*marmoreus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*nanus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*textile*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*vexillum*												1	2									
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*virgo*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*distans*												1		-1					1			
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*leopardus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*miles*	1			1	1		1				-1	-1	1		1					1	-1	
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*milliaris*													1									
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*ratus*				1											-1	-1			1			
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	sp.											-1	2										
Mollusques	Gastéropodes	Conitidae	*Conus*	*vexilium*																						
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	sp.												2										
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	*violacea*	2	2			2	2		2	1				2		2	2			2	2	2	2
Mollusques	Gastéropodes	Costellariidae	*Vexillum*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Cymatiidae	*Charonia*	*tritonis*							1															
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	*talpa*																						
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	*tigris*																						
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Latirolagena*	*smaragdula*					2		2			1	1	1	2		1	2			2			1
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Latirus*	*gibbulus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Latirus*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Pleuroploca*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Pteristernia*	*reincarnata*	1	1			1	-1	1				1		1	-1			-1			1		
Mollusques	Gastéropodes	Indéterminé	Indéterminé	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Chicoreus*	*brunneus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Chicoreus*	*ramosus*					-1																	1
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Chicoreus*	sp.													1									
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	*grossularia*																						
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	*morum*													1	1								
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	*ricinus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	*rubusidaeus*													1									
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupa*	sp.		2						2			-1		1	2			2		-1	1		1	-2
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupella*	*cornus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Murex*	*ramosus*	-1					-1																
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Murex*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Ovulidae	*Ovula*	*ovum*																						

Mollusques	Gastéropodes	Stombidae	*Lambis*	*chiragra*	-1	1								-1												-1
Mollusques	Gastéropodes	Stombidae	*Lambis*	*lambis*	1	1								1			-1								-1	
Mollusques	Gastéropodes	Stombidae	*Lambis*	*truncata*																						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Labiostrombus*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*latissimus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*luhuanus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*sinuatus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	sp.																						
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*fenestratus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*																						1
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Trochus*	*niloticus*	1																	2				1
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Astraea*	*rhodostoma*	2	1			2	-1	1					1	2	1	1	-2		2	1		2	2
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*argyrostomus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*chrysostomus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*elegans*																						
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*petholatus*				1									1			1	1					
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	*setosus*				2									1	2							2	1
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Turbo*	sp.				1									1	1	-1						-1	
Mollusques	Gastéropodes	Turridae	*Turris*	sp.																	1					
Mollusques	Gastéropodes	Vasidae	*Vasum*	*ceramicum*																				1		
Mollusques	Gastéropodes	Vasidae	*Vasum*	sp.																				1		
Mollusques	Gastéropodes	Vasidae	*Vasum*	*turbinellus*													1									
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*electra*																						
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*inornata*																						
Mollusques	Nudibranches	Cephalaspidea	*Sagaminoptero n*	*ornatum*		-1																				
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Cadlinella*	*hirsuta*																						
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Cadlinella*	sp.																						
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*elisabethina*																						
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*kuniei*																						
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*leopardus*		-1																				
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	sp.																						
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Glossodoris*	*rubroannulatus*	-1																					
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Risbecia*	*tryoni*																						
Mollusques	Nudibranches	Doridídae	*Halgerda*	*johnsonorum*																						
Mollusques	Nudibranches	Doridídae	*Halgerda*	sp.																						
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*calsonhoffi*																						
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*coelestis*																						
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*ocellata*										-1								-1				
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	sp.																						
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*varicosa*																						
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*picta*																						
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*pustulosa*					1					1	-1			1								
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	sp.										-1												
Tortue	Tortue bonne écaille	Cheloniidae	*Eretmochelys*	*imbricata*																						
Tortue	Tortue grosse tête	Cheloniidae	*Caretta*	*caretta*												1							1			
Tortue	Tortue verte	Cheloniidae	*Chelonia*	*mydas*		-1											-1									
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	*Spirobranchus*	*giganteus*	2	5	3	3	5	3	3	4	4	5	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	3	3

Tableau n°333 : Annexe 05 : Richesse spécifique du benthos par groupe

	ST0 1A	ST01 B	ST0 2A	ST0 2B	ST0 3A	ST0 3B	ST0 3C	ST0 4A	ST0 4B	ST0 4C	ST0 5A	ST0 5B	ST0 5C	ST0 6A	ST0 6B	ST0 6C	ST0 7A	ST0 7B	ST0 7C	ST0 8A	ST0 8B	ST0 9A	ST0 9B	ST0 9C	ST1 0A	ST1 0B	ST1 0C	ST1 1A	ST1 1B	ST11 C	ST12 A	ST12 B
Macrophytes et invertébrés	46	38	39	31	34	33	23	24	40	20	34	34	22	21	41	31	27	36	28	42	29	50	79	55	29	47	38	32	56	44	41	40
Coraux sléractinaires	73	52	97	78	54	66	68	56	61	17	77	68	37	69	77	52	53	66	39	90	30	64	77	61	104	90	59	84	92	40	93	75
Autres coraux	3	5	4	6	1	2	5	3	8	1	3	5	5	2	4	5	1	4	2	5	2	4	6	6	9	7	6	2	7	3	4	4
TOTAL	122	95	140	115	89	101	96	83	109	38	114	107	64	92	122	88	81	106	69	137	61	118	162	122	142	144	103	118	155	87	138	119

Tableau n°334 : Annexe 05 : Richesse spécifique des coraux par famille et transect

Groupe	Famille	ST01 A	ST01 B	ST02 A	ST02 B	ST03 A	ST03 B	ST03 C	ST04 A	ST04 B	ST04 C	ST05 A	ST05 B	ST05 C	ST06 A	ST06 B	ST06 C	ST07 A	ST07 B	ST07 C	ST08 A	ST08 B	ST09 A	ST09 B	ST09 C	ST10 A	ST10 B	ST10 C	ST11 A	ST11 B	ST11 C	ST12 A	ST12 B
Scléractiniaire	Acroporidae	17	10	22	16	9	17	10	12	9	3	14	12	3	15	11	4	16	11	6	19	8	15	12	10	25	19	10	20	17	5	17	14
	Agaraciidae	3	1	7	5	4	8	11	2	5	0	5	5	4	6	7	5	1	6	4	4	1	2	5	3	8	10	6	6	6	2	6	6
	Astrocoeniidae	2	2	2	2	3	3	3	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	2	0	1	0	1	1	2	2
	Caryophylliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	2
	Dendrophylliidae	4	4	6	3	0	0	2	4	5	2	4	6	2	5	4	3	3	4	1	4	0	3	6	5	2	4	1	2	6	3	4	4
	Faviidae	21	17	18	14	12	7	9	16	16	6	23	17	12	19	21	13	15	12	9	22	12	20	20	17	25	18	14	26	24	13	21	15
	Fungiidae	7	4	10	6	4	10	9	6	7	1	4	4	0	0	5	4	0	5	4	5	0	0	2	2	5	6	2	0	4	3	13	12
	Merulinidae	2	1	4	5	2	2	2	3	1	1	4	3	1	4	6	1	1	2	1	5	0	3	4	3	8	6	1	6	6	0	5	2
	Mussidae	5	5	7	7	8	5	5	3	5	2	4	3	4	7	7	5	6	8	4	7	2	5	9	6	8	6	8	5	7	5	6	4
	Oculinidae	2	2	3	2	3	3	3	2	2	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1
	Pectiniidae	1	0	4	7	1	2	6	0	2	2	3	3	3	0	3	5	0	4	1	5	1	0	4	2	4	5	4	0	3	0	4	5
	Pocilloporidae	4	3	4	3	3	1	1	4	5	0	4	4	0	7	7	5	6	7	5	6	3	6	5	5	5	5	6	7	7	3	5	2
	Poritidae	4	2	7	4	5	6	5	1	1	0	7	7	3	2	3	3	4	4	3	6	2	5	4	3	5	5	4	6	5	3	5	4
	Siderastreidae	1	1	3	4	0	2	2	2	2	0	3	2	1	3	2	2	0	2	0	4	0	4	4	4	5	2	1	4	4	1	3	2
	Trachyphylliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antipathaire	Antipathidae	0	2	0	2	0	1	2	0	2	1	0	1	2	1	1	2	0	1	2	0	0	0	0	0	2	2	2	0	2	2	0	2
Gorgone	Gorgone	1	1	1	1	0	0	0	0	3	0	1	2	2	0	1	2	1	1	0	2	0	2	3	3	3	2	2	1	3	1	0	1
Milleporina	Milleporidae	1	1	3	3	1	1	3	3	3	0	2	2	0	1	2	1	0	2	0	2	1	1	2	2	3	2	1	1	2	0	3	1
Stolonifera	Tubiporidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
Total (Classt)	Total (Classt)	76	57	101	84	55	68	73	59	69	18	80	73	42	71	81	57	54	70	41	95	32	68	83	67	113	97	65	86	99	43	97	79
Sous-total SCL	Sous-total SCL	73	52	97	78	54	66	68	56	61	17	77	68	37	69	77	52	53	66	39	90	30	64	77	61	104	90	59	84	92	40	93	75
Sous-total Autres	Sous-total Autres	3	5	4	6	1	2	5	3	8	1	3	5	5	2	4	5	1	4	2	5	2	4	6	6	9	7	6	2	7	3	4	4

Tableau n°335 : Annexe 05 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs)*

Groupe	Sous-groupe	ST01 A	ST01 B	ST02 A	ST02 B	ST03 A	ST03 B	ST03 C	ST04 A	ST04 B	ST04 C	ST05 A	ST05 B	ST05 C	ST06 A	ST06 B	ST06 C	ST07 A	ST07 B	ST07 C	ST08 A	ST08 B	ST09 A	ST09 B	ST09 C	ST10 A	ST10 B	ST10 C	ST11 A	ST11 B	ST11 C	ST12 A	ST12 B
Algues brunes	Phéophycées	3	4	3	2	3	2	2	1	1	0	2	0	0	1	0	0	1	1	2	2	2	1	1	0	2	2	0	1	2	1	1	1
Algues rouges	Rhodophycées	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	0	1	0	2	1	2	3	1	2	1	1	2	4	3	0	0
Algues vertes	Chlorophycées	2	3	2	2	4	3	1	2	2	0	3	2	0	0	1	0	0	1	0	2	1	7	11	8	3	1	0	1	2	3	2	1
Cyanobactéries	Cyanophycée	2	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Bryozoaires	Cyclostomes	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0
Cnidaires	Alcyonaires	7	7	7	6	3	4	5	3	4	2	0	0	4	1	4	4	2	2	2	5	3	7	8	7	3	4	5	4	6	4	5	5
Cnidaires	Actiniaires	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Cnidaires	Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	0	1
Cnidaires	Zoanthaires	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Echinodermes	Astéries	2	2	1	1	2	0	1	1	3	0	1	2	1	1	2	2	3	3	4	3	3	0	2	2	1	4	5	4	3	3	4	3
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Echinodermes	Echinides	1	1	1	1	1	2	0	0	1	0	3	2	0	2	1	1	2	2	1	2	0	6	7	6	0	1	1	1	2	0	2	1
Echinodermes	Holothurides	3	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	3	6	0	2	3	0	1	0	1	1	0	5	1	0	3	4	2	3
Echinodermes	Ophiurides	1	1	2	2	1	2	1	1	2	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	2	2	2	2	1	0	1	0	1	2
Echinodermes	Synaptes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eponges	Spongiaires	6	5	5	3	5	6	4	4	9	8	3	5	5	2	6	7	3	5	3	8	7	3	7	6	3	6	6	4	7	7	6	6
Mollusques	Mollusques	11	5	9	6	6	6	5	5	9	3	12	12	3	8	9	1	8	7	3	6	3	10	20	6	8	12	9	5	10	5	12	11
Ascidies	Ascidies	4	4	4	2	4	3	1	1	3	1	2	3	3	3	7	3	3	6	5	6	2	8	10	10	2	4	5	6	7	9	3	3
	Total	46	38	39	31	34	33	23	24	40	20	34	34	22	21	41	31	27	36	28	42	29	50	79	55	29	47	38	32	56	44	41	40
	Sous-total Invertébrés	39	29	33	26	25	26	18	20	36	19	28	31	21	19	36	27	26	32	25	35	24	40	64	46	21	42	36	27	47	36	37	37
	Sous-total Algues	5	7	6	5	8	6	4	4	4	1	6	3	1	2	4	3	1	3	2	6	4	10	15	9	7	4	1	4	8	7	3	2
	Sous-total Cnidaires	10	9	9	8	4	6	5	5	6	4	4	2	6	2	6	6	5	4	4	9	6	10	13	11	4	7	7	6	10	6	6	7
	Sous-total Echinodermes	8	6	6	7	6	5	3	4	8	2	6	8	3	4	8	10	7	9	9	6	5	8	13	12	4	13	9	6	11	8	10	10

Tableau n°336 : Annexe 05 : Richesse spécifique des coraux par famille et station

Groupe	Famille	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
Scléra.	Acroporidae	17	25	20	15	17	16	19	20	16	29	26	19
Scléra.	Agaraciidae	3	10	13	5	6	8	6	4	5	12	6	8
Scléra.	Astrocoeniidae	2	2	3	1	1	0	0	2	1	2	1	3
Scléra.	Caryophylliidae	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	1	3
Scléra.	Dendrophylliidae	4	6	2	5	6	6	5	4	7	5	6	5
Scléra.	Faviidae	24	21	13	22	28	30	21	25	29	33	33	24
Scléra.	Fungiidae	7	10	12	8	6	6	5	5	2	7	5	15
Scléra.	Merulinidae	2	5	3	3	5	6	3	5	5	8	7	5
Scléra.	Mussidae	5	8	8	5	5	8	8	7	10	10	9	6
Scléra.	Oculinidae	2	3	3	2	2	1	1	1	1	2	2	1
Scléra.	Pectiniidae	1	7	6	2	6	5	4	5	5	7	3	6
Scléra.	Pocilloporidae	4	4	3	5	4	8	7	6	6	6	8	5
Scléra.	Poritidae	4	7	6	1	9	4	5	6	5	5	6	6
Scléra.	Siderastreidae	2	6	3	4	3	5	2	4	5	5	5	3
Scléra.	Trachyphylliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antipathaire	Antipathidae	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2
Gorgone	Gorgone	1	1	0	3	2	2	1	2	3	3	3	1
Milleporina	Milleporidae	1	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3
Stolonifera	Tubiporidae	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
	Total (Classt)	82	120	100	86	106	110	91	99	103	142	125	116
	Sous-total SCL	77	114	95	78	99	104	86	94	97	133	118	109
	Sous-total Autres	5	6	5	8	7	6	5	5	6	9	7	7

Tableau n°337 : Annexe 05 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et station (*hors coraux durs)*

Groupe	Sous-groupe	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
Algues brunes	Algues brunes	4	3	3	1	2	1	3	2	1	2	2	1
Algues rouges	Algues rouges	0	1	1	1	1	3	1	2	3	2	4	0
Algues vertes	Algues vertes	3	2	4	3	3	1	1	2	11	3	3	2
Cyanobactéries	Cyanophycées	2	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
Bryozoaires	Cyclostomes	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	2	0
Cnidaires	Alcyonaires	9	8	5	4	4	5	4	5	8	6	6	6
Cnidaires	Actiniaires	1	0	1	0	2	0	1	3	2	1	1	0
Cnidaires	Hydrozoaires	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Cnidaires	Zoanthaires	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Echinodermes	Astéries	2	1	2	3	3	3	5	4	3	6	5	5
Echinodermes	Crinoïdes	1	0	0	1	2	1	1	1	1	1	2	1
Echinodermes	Echinides	2	1	2	1	3	3	3	2	7	1	2	2
Echinodermes	Holothurides	3	3	2	2	2	8	3	1	1	5	4	3
Echinodermes	Ophiurides	1	2	2	2	1	1	1	0	2	2	1	2
Echinodermes	Synaptes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eponges	Spongiaires	7	5	6	9	5	7	5	8	8	6	8	7
Mollusques	Mollusques	12	11	12	12	16	15	14	7	25	17	15	17
Ascidies	Ascidies	4	4	5	3	4	7	6	6	11	6	10	3
	Total (Classt)	53	43	47	45	51	58	52	47	87	61	69	52
	Sous-total Invertébrés	44	37	38	40	45	52	46	40	72	53	59	48
	Sous-total Algues	7	6	8	5	6	5	5	6	15	7	9	3
	Sous-total Cnidaires	12	10	7	6	8	7	7	10	13	9	10	8
	Sous-total Echinodermes	9	7	8	9	11	16	13	8	14	15	14	13

Tableau n°338 : Annexe 05 : Richesse spécifique du macrobenthos par site

Groupe	Famille	Prony	Woodin	Havannah
Scléra.	Acroporidae	28	15	37
Scléra.	Agaraciidae	14	5	15
Scléra.	Astrocoeniidae	3	1	3
Scléra.	Caryophylliidae	0	0	4
Scléra.	Dendrophylliidae	6	5	9
Scléra.	Faviidae	31	22	54
Scléra.	Fungiidae	15	8	18
Scléra.	Merulinidae	5	3	8
Scléra.	Mussidae	11	5	15
Scléra.	Oculinidae	3	2	2
Scléra.	Pectiniidae	9	2	11
Scléra.	Pocilloporidae	5	5	9
Scléra.	Poritidae	8	1	9
Scléra.	Siderastreidae	6	4	7
Scléra.	Trachyphylliidae	0	0	0
Antipathaire	Antipathidae	2	2	2
Gorgone	Gorgone	1	3	3
Milleporina	Milleporidae	4	3	3
Stolonifera	Tubiporidae	1	0	1
	Total (Classt)	152	86	210
	Sous-total SCL	144	78	201
	Sous-total Autres	8	8	9

Groupe	Sous-groupe	Prony	Woodin	Havannah
Algues brunes	Algues brunes	4	1	4
Algues rouges	Algues rouges	1	1	6
Algues vertes	Algues vertes	4	3	12
Cyanobactéries	Cyanophycées	2	0	1
Bryozoaires	Cyclostomes	0	1	2
Cnidaires	Alcyonaires	13	4	11
Cnidaires	Actiniaires	2	0	7
Cnidaires	Hydrozoaires	1	1	2
Cnidaires	Zoanthaires	1	1	2
Echinodermes	Astéries	3	3	6
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	3
Echinodermes	Echinides	3	1	7
Echinodermes	Holothurides	5	2	11
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	0	0	0
Eponges	Spongiaires	10	9	12
Mollusques	Mollusques	19	12	42
Ascidies	Ascidies	6	3	13
	Total (Classt)	77	45	143
	Sous-total Invertébrés	66	40	120
	Sous-total Algues	9	5	22
	Sous-total Cnidaires	17	6	22
	Sous-total Echinodermes	14	9	29

Tableau n°339 : Annexe 05 : Liste des espèces cibles (CdC) et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

Site	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Prony	Woodin	Woodin	Woodin
Station	Casy Sud	Casy Sud	Creek Baie Nord	Creek Baie Nord	Wharf Prony	Wharf Prony	Wharf Prony	Canal Woodin	Canal Woodin	Canal Woodin
Transect	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
Profondeur	7 m	12 m	9 m	12 m	5 m	10 m	14 m	5 m	10 m	20 m
Groupe	**Sous groupe**	**Famille**	**Genre**	**Espece**									
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	**2**	**2**	2	2	2	2	**2**	-2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Distromium*	sp.	-2	2								
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	*variegata*	**2**	**2**	5	4	**3**	5	5	2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	2	2	2		2					
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Spatoglossum*	sp.										
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Sargassum*	sp.										
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	-2									
Algues brunes	Phéophycées	Scytosiphonaceae	*Hydroclathrus*	sp.										
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*										
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.			3	3	3	4	3	2	2	2
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	*vanbosseae*										
Algues rouges	Rhodophycées	Dumontiaceae	*Gibsmithia*	*hawaiiensis*										
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*armatum*										
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*sandvicense*										
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	*fragilis*										
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	sp.										
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	*marginata*										
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.										
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Liagora*	sp.										
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*										
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.										
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*racemosa*										
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	-2				-2	-2				
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*mamillosum*										
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*										
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.										
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*										
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladacea	*Bornetella*	*oligospora*										
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladacea	*Neomeris*	*vanbosseae*	2	2			**2**	2		2		
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	**2**	4(2spp)	**3(2spp)**	**2(2spp)**	**5(3spp)**	3(2spp)	2	**2**	**2(2spp)**	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*										
Algues vertes	Chlorophycées	Udodeaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*			-2		-1			-2	-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Avrainvillea*	*obscura*										
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*planci*										

Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Celerina*	*heffernani*			-1		-1		-1		1	
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*indica*										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*monilis*	-1	-1				-1	-1		-1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	sp.										-2
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	1	1		-1	-1	-1			1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Gomophia*	sp.										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Linckia*	*laevigata*										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Linckia*	*multifora*					1					
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	**2**	1	**2**	**2**	1		**2**	1	1	-2
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Nardoa*	sp.										
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Neoferdina*	*cumingi*										
Echinodermes	Astéries	Oreasterridae	*Culcita*	*novaeguineae*				-1						
Echinodermes	Crinoïdes	Colobometridae	*Cenometra*	sp.										
Echinodermes	Crinoïdes	Comasteridae	*Comanthus*	*bennetti*										
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	2	**3**						3	4	5
Echinodermes	Echinides	Brissidae	*Metalia*	sp.										
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	*Phyllacanthus*	*imperialis*										
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*					-1					
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	**1**		2	2	**2**	**2**	-2		**3**	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	sp.					-1					
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*										
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*										
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*									-2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Heterocentrotus*	*mammillatus*										
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Heterocentrotus*	*trigonarius*										
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*					-1	**1**				
Echinodermes	Echinides	Laganidae	*Laganum*	*depressum tonganense*	-2	2								
Echinodermes	Echinides	Schizasteridae	*Schizaster*	*lacunosus*										
Echinodermes	Echinides	Spatangidae	*Maretia*	*planulata*										
Echinodermes	Echinides	Spatangidae	*Maretia*	sp.										
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	*Toxopneustes*	*pileolus*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*echinites*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	-1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*graeffei*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*coluber*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	**1**	1	**2**	2	2			2	1	-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*			3	3	2	3	**3**			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscogilva*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	**2**	-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*hilla*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*nobilis*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*scabra*										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	sp.										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	1	-1								
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*										
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*pseudhorrens*										
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*										
Echinodermes	Holothurides	Stichoporidae	*Stichopus*	*variegatus*				1		-1				
Echinodermes	Holothurides	Stichoporidae	*Thelenota*	*anax*										1
Echinodermes	Holothurides	Synaptidae	*Synapta*	*maculata*										
Echinodermes	Holothurides	Synaptidae	*Synapta*	sp.										
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	2	2	**3**	3	2	**3**	**3**	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	ind.			1	2		2			2	
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Euapta*	*godeffroyi*										
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Opheodesoma*	sp.										
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*jullienei*	**4**	4	3	**3**	3	3	**3**	3	4	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*orientalis*	**4**	3	3	**3**	**3**	**3**	3	3	**3**	3
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Hippopus*	*hippopus*										
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*crocea*										
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*derasa*										
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*maxima*	1				1					
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*squamosa*					1					
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*fenestratus*										
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*										
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Trochus*	*niloticus*										

Tableau n°340 : Annexe 05 : Liste des espèces cibles (CdC) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

			Station	Ioro	Ioro	Ioro	Banc Ionotea	Banc Ionotea	Banc Ionotea	Chambeyron	Chambeyron	Chambeyron	Puka	Puka	Banc De Kié	Banc De Kié	Banc De Kié	Ilot Kié	Ilot Kié	Ilot Kié	Récif Toémo	Récif Toémo	Récif Toémo	Ilot Ugo	Ilot Ugo
			Transect	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST10A	ST10B	ST10C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
			Profondeur	5 m	10 m	20 m	9 m	15 m	20 m	7 m	17 m	20 m	9 m	12 m	7 m	16 m	20 m	7 m	15 m	20 m	6 m	10 m	20 m	7 m	13 m
Groupe	**Sous groupe**	**Famille**	**Genre**	**Espece**																					
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	2				-2	-2		2	2	2	2		-2	-2	2	2		2	2	2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Distromium*	sp.																					
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	*variegata*										2	2				2	2			2		2	2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	2	-2			-2	-2		-2	1	-2	-2				-2						-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Spatoglossum*	sp.																					
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Sargassum*	sp.																					
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	-2			2			2			-2		5	3								-2	
Algues brunes	Phéophycées	Scytosiphonaceae	*Hydroclathrus*	sp.																					
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*				-4	2	2	-3	2	-2	-3	-2	4	3	-2	2			3	3	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	2	2	2	2	2	2				2	2	2	3	3	2	2	2	3	3	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	*vanbosseae*				-2	2	2				-2	-2											
Algues rouges	Rhodophycées	Dumontiaceae	*Gibsmithia*	*hawaiiensis*													1	-1								
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*armatum*																					
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*sandvicense*																		1	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	*fragilis*																					
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Actinotrichia*	sp.										2	-1							2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	*marginata*																					
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.																					
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Liagora*	sp.																					
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*				-3	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-2	-3	-4	-4	-2			-4	-3	-2		
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.																					
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*racemosa*														-2							
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	-1				-2					-2		2(2spp.)	2(2spp.)	-2	-2							
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*mamillosum*													3	3								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*													3	5								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.												2	3	4								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*												2	4	5								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladacea	*Bornetella*	*oligospora*												3	5	5								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladacea	*Neomeris*	*vanbosseae*										2	2		2					2	2	2		
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	2(2spp)	2		-2	2	-2		2		2	-2	-3	2	3	2(2spp)	2			2	2	2	2
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*												5	4	2								
Algues vertes	Chlorophycées	Udodeaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	2	1						-2	-1	-2		2	2	2	2			-2	-2	2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Avrainvillea*	*obscura*																						
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*planci*															-1							
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Celerina*	*heffernani*			1						1		-1			-1			2					1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*indica*	-1							1	1	2	2						1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*														-1								
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	*monilis*																1	1		1	1	1	
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Fromia*	sp.																						
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*		1		1		1	2	2	2	2	1		2	2		1	1	2		2	1	1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Gomophia*	sp.																						
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Linckia*	*laevigata*							-1					-1										
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Linckia*	*multifora*	1	1			1		2	1			2		1		2	1		1	1		2	
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*					1	1	2		1	1			-1	1		1	2	2	2	1	1	2
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	*Nardoa*	sp.																						
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Neoferdina*	*cumingi*																						
Echinodermes	Astéries	Oreasterridae	*Culcita*	*novaeguineae*																						
Echinodermes	Crinoïdes	Colobometridae	*Cenometra*	sp.																		2				
Echinodermes	Crinoïdes	Comasteridae	*Comanthus*	*bennetti*		2	1																			
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.		2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	5	4	3	2	2	1	2	1	2	2	2
Echinodermes	Echinides	Brissidae	*Metalia*	sp.																						
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	*Phyllacanthus*	*imperialis*																						
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*												1	2	2							-1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	2	1			-1	2		2	2	2	-1	2	2	2		1	1		1	-1	2	1
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	sp.		-1					1						1	2								
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*				1								2	2	2								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	2											2	1									
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	2	1		2	2		1	1		2		3	2	2				1	2		2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Heterocentrotus*	*mammillatus*																						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Heterocentrotus*	*trigonarius*																						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*												2	2	2				-2				
Echinodermes	Echinides	Laganidae	*Laganum*	*depressum tonganense*																						
Echinodermes	Echinides	Schizasteridae	*Schizaster*	*lacunosus*																						
Echinodermes	Echinides	Spatangidae	*Maretia*	*planulata*																						
Echinodermes	Echinides	Spatangidae	*Maretia*	sp.																						
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	*Toxopneustes*	*pileolus*																						

Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*echinites*												-1				1						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*								-1														
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*					1																	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	-1					1											1				1	1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*graeffei*																				1	1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*					2	-2	-1	1	2		2			-2	-1	1	1		1	2			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*coluber*																							
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*					-2	2		1	1	-1	-1				-1	1	-1		1	1	1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscogilva*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	-2	1								-2	-2											
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*hilla*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*nobilis*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*scabra*																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	sp.																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*					1	2				-1			-2									
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*																						
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*pseudhorrens*																						
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	1				-1	1		-1	1				1	2		1						
Echinodermes	Holothurides	Stichoporidae	*Stichopus*	*variegatus*						1																
Echinodermes	Holothurides	Stichoporidae	*Thelenota*	*anax*						1																1
Echinodermes	Holothurides	Synaptidae	*Synapta*	*maculata*																						
Echinodermes	Holothurides	Synaptidae	*Synapta*	sp.																						
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	2	2			2		1	2					2	2	2	2						2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*										-2		4	3	2	2	2	1		2		2	2
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Euapta*	*godeffroyi*																						
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Opheodesoma*	sp.																						
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*jullienei*	3	3	2	1	2	2	2	2	2	3	4	2	2	2	1	2	2	3	3	3	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	*Cliona*	*orientalis*	3	4	3	3	5	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Hippopus*	*hippopus*																						
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*crocea*	2																					
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*derasa*															-1							
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*maxima*	1			1			1					2			1			2			1	-1
Mollusques	Bivalves	Tridacniidae	*Tridacna*	*squamosa*							2	1													1	
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*fenestratus*																						
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*																						1
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Trochus*	*niloticus*	1																	2				1

A n n e x e n ° 0 6

Résultats bruts de l'échantillonnage de l'ichtyofaune d'avril 2013

Tableau n°341 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Casy (ST01)

Fam	Espèces	nb fois	Fam	Espèces	nb fois
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	1	Lab	*Halichoeres melanurus*	5
Aca	*Acanthurus binotatus*	1	Lab	*Halichoeres prosopeion*	8
Aca	*Acanthurus blochii*	10	Lab	*Halichoeres sp*	1
Aca	*Acanthurus dussumieri*	3	Lab	*Hemigymnus melapterus*	2
Aca	*Acanthurus mata*	7	Lab	*Labroides dimidiatus*	6
Aca	*Acanthurus nigricauda*	2	Lab	*Labropsis australis*	2
Aca	*Ctenochaetus striatus*	1	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	4
Aca	*Naso brevirostris*	1	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	4
Aca	*Naso lopezi*	2	Lab	*Oxycheilinus oxyaphalus*	1
Aca	*Naso unicornis*	3	Lab	*Pteragogus cryptus*	1
Aca	*Zebrasoma veliferum*	10	Lab	*Stethojulis bandanensis*	2
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	2	Lab	*Stethojulis notialis*	1
Ant	*Pseudanthias pascalus*	1	Lab	*Thalassoma lunare*	10
Ant	*Pseudanthias pictilis*	2	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	2
Apo	*Apogon aureus*	3	Mic	*Gunnellichthys monostigma*	3
Apo	*Apogon doederleini*	1	Mic	*Ptereleotris microlepsis*	4
Apo	*Apogon indicus*	1	Mon	*Cantherines fronticintus*	1
Apo	*Apogon selas*	1	Mul	*Parupeneus barberinoides*	4
Apo	*Archamia leai*	1	Mul	*Parupeneus barberinus*	2
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	4	Mul	*Parupeneus indicus*	2
Apo	*Ostorhinchus flavus*	1	Mul	*Parupeneus spilurus*	1
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	3	Mul	*Upeneus tragula*	2
Bal	*Sufflamen fraenatus*	4	Mur	*Gymnothorax undulatus*	1
Ble	*Ecsenius bicolor*	1	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	8
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	1	Nem	*Scolopsis bilineatus*	5
Cae	*Caesio cuning*	1	Nem	*Scolopsis lineatus*	3
Can	*Canthigaster valentini*	5	Ost	*Ostracion cubicus*	4
Cha	*Chaetodon auriga*	2	Ost	*Ostracion meleagris*	1
Cha	*Chaetodon baronessa*	7	Pin	*Parapercis cylindrica*	3
Cha	*Chaetodon ephippium*	1	Pin	*Parapercis hexophtalma*	10
Cha	*Chaetodon flavirostris*	2	Pin	*Parapercis millipunctata*	2
Cha	*Chaetodon kleinii*	1	Pin	*Parapercis multiplicata*	1
Cha	*Chaetodon lineolatus*	1	Ple	*Assessor macneilli*	1
Cha	*Chaetodon melannotus*	4	Poc	*Centropyge bicolor*	7
Cha	*Chaetodon mertensii*	1	Poc	*Centropyge tibicen*	5
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	3
Cha	*Chaetodon ulietensis*	3	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	2
Cha	*Chaetodon vagabundus*	3	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	3
Cha	*Coradion altivelis*	1	Pom	*Amphiprion perideraion*	1
Cha	*Heniochus acuminatus*	6	Pom	*Chromis amboinensis*	1
Cir	*Cirrhitichthys oxycephalus*	1	Pom	*Chromis analis*	1
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	7	Pom	*Chromis chrysura*	1
Epi	*Cephalopholis boenak*	9	Pom	*Chromis flavomaculata*	1
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	2	Pom	*Chromis fumea*	1
Epi	*Cromileptes altivelis*	1	Pom	*Chromis margaritifer*	7
Epi	*Diploprion bifasciatum*	3	Pom	*Chromis nitida*	1
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	1	Pom	*Chromis ternatentensis*	1
Epi	*Epinephelus Howlandi*	2	Pom	*Chromis viridis*	1
Epi	*Epinephelus merra*	1	Pom	*Chrysiptera rollandi*	10
Epi	*Epinephelus ongus*	6	Pom	*Chrysiptera taupou*	1

Epi	*Plectropomus leopardus*	8	Pom	*Dascyllus aruanus*	9
Gob	*Amblyeleotris diagonalis*	1	Pom	*Dascyllus reticulatus*	8
Gob	*Amblyeleotris ogasawarensis*	1	Pom	*Neopomacentrus nemurus*	2
Gob	*Amblyeleotris rubrimarginata*	4	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*	2
Gob	*Amblygobius phalaena*	9	Pom	*Pomacentrus adelus*	1
Gob	*Coryphopterus neophytus*	1	Pom	*Pomacentrus amboinesis*	2
Gob	*Ctenogobiops feroculus*	1	Pom	*Pomacentrus aurifrons*	3
Gob	*Gunnellichthys monostgma*	1	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	1
Gob	*Oplopomus oplopomus*	1	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	4
Gob	*Valenciennea decora*	2	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	10
Gob	*Valenciennea puellaris*	2	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	4
Gob	*Valenciennea randalli*	2	Pom	*Pomacentrus spilotoceps*	1
Gob	*Valenciennea sexguttata*	1	Pse	*Ogilbyina salvati*	1
Gra	*Diploprion bifasciatum*	2	Pse	*Pictichromis coralensis*	2
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	3	Sca	*Chlorurus sordidus*	6
Hae	*Plectorhinchus vittatus*	1	Sca	*Scarus altipinnis*	3
Hol	*Sargocentron spiniferum*	5	Sca	*Scarus bleekeri*	4
Lab	*Anampses elegans*	1	Sca	*Scarus chameleon*	1
Lab	*Anampses femininus*	3	Sca	*Scarus flavipectoralis*	3
Lab	*Anampses neoguinaicus*	1	Sca	*Scarus frenatus*	4
Lab	*Cheilinus chlorourus*	10	Sca	*Scarus ghobban*	6
Lab	*Cheilinus fasciatus*	1	Sca	*Scarus rivulatus*	1
Lab	*Cheilinus trilobatus*	2	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	1
Lab	*Choerodon fasciatus*	2	Sca	*Scarus schlegeli*	3
Lab	*Choerodon graphicus*	2	Sca	*Scarus flavipectoralis*	5
Lab	*Cirrhilabrus laboutei*	1	Sco	*Dendrochirus zebra*	1
Lab	*Cirrhilabrus lineatus*	2	Sco	*Pterois volitans*	1
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	2	Scom	*Scomberomorus commerson*	1
Lab	*Cirrhilabrus scottorum*	1	Sig	*Siganus corallinus*	1
Lab	*Cirrhilabrus temmenckii*	2	Sig	*Siganus doliatus*	3
Lab	*Coris batuensis*	10	Sig	*Siganus fuscescens*	2
Lab	*Halichoeres argus*	5	Sig	*Siganus punctatus*	1
Lab	*Halichoeres biocellatus*	3	Sig	*Siganus vulpinus*	3
Lab	*Halichoeres margaritaceus*	1	Syn	*Synodus variegatus*	2
				168	**491**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**68**	5 fois	**7**	9 fois	**3**
2 fois	**33**	6 fois	**5**	10 fois	**8**
3 fois	**22**	7 fois	**5**		
4 fois	**13**	8 fois	**4**	Total	168

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	11	4,1	**Gra**	1	0,2	**Ple**	1	0,1
Ant	3	0,5	**Hae**	2	0,4	**Poc**	3	1,5
Apo	7	1,2	**Hol**	1	0,5	**Pom**	26	7,9
Bal	2	0,7	**Lab**	30	9,6	**Pse**	2	0,3
Ble	2	0,2	**Mic**	3	0,9	**Sca**	11	3,2
Cae	1	0,1	**Mon**	1	0,1	**Scom**	1	0,1
Can	1	0,5	**Mul**	5	1,1	**Sco**	2	0,2
Cha	13	3,5	**Mur**	1	0,1	**Sig**	5	1,0
Cir	1	0,1	**Nem**	3	1,6	**Syn**	1	0,2
Epi	10	4,0	**Ost**	2	0,5			
Gob	12	2,6	**Pin**	4	1,6	**31**	**168**	

Tableau n°342 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Creek baie nord (ST02)

Fam	Espèces	nb fois	Fam	Espèces	nb fois
Aca	*Acanthurus blochii*	4	Lab	*Labroides dimidiatus*	6
Aca	*Acanthurus mata*	2	Lab	*Labropsis australis*	3
Aca	*Acanthurus nigricauda*	3	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	3
Aca	*Acanthurus xanthopterus*	1	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	2
Aca	*Ctenochaetus striatus*	4	Lab	*Oxycheilinus rhodochrous*	1
Aca	*Naso unicornis*	7	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	5
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	Lab	*Stethojulis bandanensis*	1
Aca	*Zebrasoma veliferum*	8	Lab	*Thalassoma lunare*	2
Ant	*Pseudanthias pictilis*	1	Let	*Monotaxis grandoculis*	1
Apo	*Apogon angustatus*	3	Let	*Monotaxis heterodon*	3
Apo	*Apogon ceramensis*	2	Lut	*Lutjanus adetii*	1
Apo	*Apogon doederleini*	2	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	2
Apo	*Apogon indicus*	3	Lut	*Lutjanus fulvus*	4
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	3	Lut	*Lutjanus russellii*	1
Ble	*Ecsenius bicolor*	3	Lut	*Lutjanus vitta*	2
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	3	Lut	*Macolor niger*	1
Cae	*Caesio cuning*	5	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	1
Cae	*Caesio teres*	1	Mul	*Parupeneus barberinoides*	1
Can	*Canthigaster valentini*	2	Mul	*Parupeneus barberinus*	1
Cen	*Aeoliscus strigastus*	1	Mul	*Parupeneus ciliatus*	4
Cha	*Chaetodon auriga*	2	Mul	*Parupeneus indicus*	1
Cha	*Chaetodon baronessa*	8	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	1
Cha	*Chaetodon bennetti*	8	Nem	*Pentapodus caninus*	1
Cha	*Chaetodon flavirostris*	9	Nem	*Scolopsis bilineatus*	9
Cha	*Chaetodon lunula*	1	Ple	*Assessor macneilli*	5
Cha	*Chaetodon lunulatus*	8	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	7
Cha	*Chaetodon melannotus*	8	Pom	*Abudefduf whitleyi*	8
Cha	*Chaetodon plebeius*	7	Pom	*Acanthochromis polyacanthus*	1
Cha	*Chaetodon speculum*	1	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*	2
Cha	*Chaetodon trifascialis*	2	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	5
Cha	*Chaetodon ulietensis*	9	Pom	*Chromis agilis*	2
Cha	*Chaetodon vagabundus*	2	Pom	*Chromis analis*	1
Cha	*Coradion altivelis*	1	Pom	*Chromis atripectoralis*	1
Cha	*Heniochus acuminatus*	9	Pom	*Chromis fumea*	1
Cha	*Heniochus chrysostomus*	3	Pom	*Chromis margaritifer*	7
Cha	*Heniochus monoceros*	2	Pom	*Chrysiptera rollandi*	10
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	8	Pom	*Chrysiptera taupou*	2
Epi	*Cephalopholis boenak*	7	Pom	*Neoglyphidodon melas*	6
Epi	*Cromileptes altivelis*	4	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*	7
Epi	*Epinephelus howlandi*	4	Pom	*Neopomacentrus azysron*	1
Epi	*Epinephelus maculatus*	1	Pom	*Neopomacentrus filamentosus*	1
Epi	*Epinephelus merra*	1	Pom	*Neopomacentrus nemurus*	3
Epi	*Epinephelus ongus*	9	Pom	*Neopomacentrus taeniurus*	1
Epi	*Epinephelus polyphekadion*	1	Pom	*Pomacentrus aurifrons*	9
Epi	*Plectropomus laevis*	1	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	2
Epi	*Plectropomus leopardus*	10	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4
Fist	*Fistularia commersonii*	1	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	3
Gob	*Valenciennea decora*	2	Pom	*Pomacentrus pavo*	1
Gra	*Diploprion bifasciatum*	2	Pom	*Stegastes aureus*	1
Hae	*Diagramma pictum*	1	Pom	*Stegastes punctatus*	1
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	2	Pse	*Pictichromis coralensis*	1
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	4	Sca	*Chlorurus sordidus*	5
Hae	*Plectorhinchus picus*	4	Sca	*Scarus bleekeri*	3
Hol	*Myripristis kuntee*	1	Sca	*Scarus dimidiatus*	1
Hol	*Myripristis murdjan*	2	Sca	*Scarus flavipectoralis*	8

Hol	*Sargocentron rubrum*	2	Sca	*Scarus ghobban*	4
Hol	*Sargocentron spiniferum*	2	Sca	*Scarus globiceps*	2
Kyp	*Kyphosus sydneyanus*	1	Sca	*Scarus niger*	1
Lab	*Anampses femininus*	2	Sca	*Scarus oviceps*	1
Lab	*Anampses meleagrides*	1	Sca	*Scarus psittacus*	1
Lab	*Bodianus fasciatus*	2	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	4
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	Sca	*Scarus schlegeli*	5
Lab	*Cheilinus fasciatus*	5	Scom	*Scomberomorus commerson*	2
Lab	*Cheilinus trilobatus*	5	Sig	*Siganus canaliculatus*	1
Lab	*Choerodon fasciatus*	7	Sig	*Siganus doliatus*	5
Lab	*Choerodon graphicus*	1	Sig	*Siganus puellus*	2
Lab	*Coris aygula*	2	Sig	*Siganus vulpinus*	7
Lab	*Epibulus insidiator*	5	Syn	*Synodus variegatus*	2
Lab	*Halichoeres argus*	5	Zan	*Zanclus cornutus*	2
Lab	*Halichoeres melanurus*	2			
Lab	*Hemigymnus fasciatus*	1			
Lab	*Hemigymnus melapterus*	7		**141**	**461**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**48**	5 fois	**11**	9 fois	**6**
2 fois	**31**	6 fois	**2**	10 fois	**2**
3 fois	**13**	7 fois	**9**		
4 fois	**11**	8 fois	**8**	Total	141

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	8	3,0	**Gra**	1	0,2	**Poc**	1	0,7
Ant	1	0,1	**Hae**	4	1,1	**Pom**	24	8,0
Apo	5	1,3	**Hol**	4	0,7	**Pse**	1	0,1
Ble	2	0,6	**Kyp**	1	0,1	**Sca**	11	3,5
Cae	2	0,6	**Lab**	22	6,9	**Scom**	1	0,2
Can	1	0,2	**Let**	2	0,4	**Sig**	4	1,5
Cen	1	0,1	**Lut**	6	1,1	**Syn**	1	0,2
Cha	16	8,0	**Mon**	1	0,1	**Zan**	1	0,2
Epi	10	4,6	**Mul**	5	0,8			
Fist	1	0,1	**Nem**	2	1,0			
Gob	1	0,2	**Ple**	1	0,5	**31**	**141**	

Tableau n°343 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Port (ST03)

Fam	Espèces	nb fois	Fam	Espèces	nb fois
Aca	*Acanthurus blochii*	9	Lab	*Halichoeres ornatissimus*	1
Aca	*Acanthurus nigricauda*	2	Lab	*Halichoeres prosopeion*	3
Aca	*Ctenochaetus binotatus*	2	Lab	*Halichoeres trimaculatus*	1
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	Lab	*Hemigymnus melapterus*	5
Aca	*Naso unicornis*	6	Lab	*Labroides dimidiatus*	6
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	Lab	*Labropsis australis*	1
Aca	*Zebrasoma veliferum*	10	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	1
Ant	*Pseudanthias pascalus*	1	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	4
Ant	*Pseudanthias pictilis*	1	Lab	*Oxycheilinus oxyaphalus*	1
Apo	*Apogon aureus*	1	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	6
Apo	*Apogon doederleini*	1	Lab	*Pteragogus cryptus*	2
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	1	Lab	*Suezichthys arquatus*	1
Apo	*Ostorhinchus compressus*	1	Lab	*Thalassoma lunare*	10
Apo	*Ostorhinchus cookii*	1	Lab	*Thalassoma lutescens*	1
Apo	*Ostorhinchus cyanosoma*	1	Let	*Lethrinus genivittatus*	1
Ath	*Atherinomorus lacunosus*	1	Let	*Lethrinus harak*	4
Bal	*Balistoides conspicillum*	1	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	2
Bal	*Pseudobalistes flavimarginatus*	1	Mic	*Gunnellichthys monostigma*	1
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	1	Mic	*Gunnellichthys viridescens*	1

Bal	*Sufflamen fraenatus*	3	Mic	*Ptereleotris microlepsis*	3
Ble	*Ecsenius bicolor*	4	Mon	*Cantherines fronticintus*	1
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	6	Mul	*Parupeneus barberinoides*	6
Cae	*Caesio caerulaurea*	2	Mul	*Parupeneus barberinus*	3
Cae	*Caesio cuning*	4	Mul	*Parupeneus ciliatus*	1
Cae	*Paracaesio digramma*	1	Mul	*Parupeneus indicus*	4
Can	*Canthigaster compressa*	1	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	1
Can	*Canthigaster valentini*	7	Mul	*Parupeneus pleurostigma*	1
Car	*Caranx melampygus*	1	Mul	*Upeneus tragula*	1
Cen	*Aeoliscus strigastus*	2	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	4
Cha	*Chaetodon auriga*	5	Nem	*Pentapodus caninus*	1
Cha	*Chaetodon baronessa*	7	Nem	*Scolopsis bilineatus*	9
Cha	*Chaetodon bennetti*	5	Nem	*Scolopsis lineatus*	3
Cha	*Chaetodon ephippium*	3	Nem	*Scolopsis trilineatus*	1
Cha	*Chaetodon flavirostris*	3	Ost	*Ostracion cubicus*	3
Cha	*Chaetodon lineolatus*	1	Pin	*Parapercis hexophtalma*	9
Cha	*Chaetodon lunulatus*	7	Pin	*Parapercis millepunctata*	3
Cha	*Chaetodon melannotus*	6	Pin	*Parapercis millipunctata*	1
Cha	*Chaetodon mertensii*	1	Pin	*Parapercis multiplicata*	1
Cha	*Chaetodon plebeius*	7	Pin	*Parapercis xanthozona*	4
Cha	*Chaetodon speculum*	5	Poc	*Centropyge bicolor*	2
Cha	*Chaetodon trifascialis*	1	Poc	*Centropyge tibicen*	1
Cha	*Chaetodon ulietensis*	4	Poc	*Pomacanthus chrysurus*	1
Cha	*Chaetodon vagabundus*	5	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	2
Cha	*Coradion altivelis*	1	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	1
Cha	*Heniochus acuminatus*	2	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	5
Cha	*Heniochus varius*	1	Pom	*Abudefduf whitleyi*	6
Cir	*Cirrhitichthys oxycephalus*	1	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*	2
Dio	*Diodon hystrix*	1	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*	1
Dus	*Spratelloides gracilis*	1	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	7
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	2	Pom	*Chromis amboinensis*	1
Epi	*Cephalopholis boenak*	9	Pom	*Chromis analis*	2
Epi	*Cephalopholis ongus*	1	Pom	*Chromis atripectoralis*	2
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	1	Pom	*Chromis chrysura*	3
Epi	*Cromileptes altivelis*	1	Pom	*Chromis fumea*	1
Epi	*Diploprion bifasciatum*	1	Pom	*Chromis margaritifer*	8
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	1	Pom	*Chromis viridis*	6
Epi	*Epinephelus howlandi*	4	Pom	*Chromis xanthura*	1
Epi	*Epinephelus maculatus*	1	Pom	*Chrysiptera rex*	1
Epi	*Plectropomus laevis*	1	Pom	*Chrysiptera rollandi*	10
Epi	*Plectropomus leopardus*	6	Pom	*Chrysiptera taupou*	5
Gob	*Amblyeleotris fasciata*	1	Pom	*Dascyllus aruanus*	7
Gob	*Amblyeleotris fontanesii*	1	Pom	*Dascyllus reticulatus*	1
Gob	*Amblyeleotris rubrimarginata*	1	Pom	*Neopomacentrus azysron*	1
Gob	*Amblyellotris diagonalis*	1	Pom	*Neopomacentrus nemurus*	7
Gob	*Amblygobius phalaena*	5	Pom	*Pomacentrus amboinesis*	1
Gob	*Coryphopterus neophytus*	1	Pom	*Pomacentrus aurifrons*	7
Gob	*Gobiodon okinawae*	1	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	1
Gob	*Gunnellichthys curiosus*	1	Pom	*Pomacentrus coelestis*	2
Gob	*Gunnellichthys monostigma*	4	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	8
Gob	*Valenciennea decora*	1	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	3
Gob	*Valenciennea puellaris*	2	Pom	*Pomacentrus pavo*	1
Gob	*Valenciennea randalli*	1	Pom	*Stegastes albifasciatus*	1
Gob	*Valenciennea sexguttata*	1	Pom	*Stegastes aureus*	1
Gob	*Valenciennea strigata*	2	Pse	*Ogilbyina sp*	1
Gob	*Valenciennealongipinnis*	1	Sca	*Chlorurus sordidus*	6
Gra	*Diploprion bifasciatum*	2	Sca	*Scarus altipinnis*	1
Hae	*Diagramma pictum*	1	Sca	*Scarus bleekeri*	1

Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	1	Sca	*Scarus dimidiatus*	1
Hae	*Plectorhinchus orientalis*	1	Sca	*Scarus flavipectoralis*	8
Hae	*Plectorhinchus vittatus*	1	Sca	*Scarus frenatus*	3
Hol	*Sargocentron ensifer*	1	Sca	*Scarus ghobban*	6
Hol	*Sargocentron rubrum*	1	Sca	*Scarus globiceps*	1
Hol	*Sargocentron spiniferum*	2	Sca	*Scarus niger*	2
Lab	*Anampses femininus*	4	Sca	*Scarus rivulatus*	2
Lab	*Anampses neoguinaicus*	1	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	2
Lab	*Cheilinus chlorourus*	7	Sca	*Scarus schlegeli*	3
Lab	*Cheilinus fasciatus*	1	Sca	*Scarus spinus*	2
Lab	*Cheilinus trilobatus*	4	Scr	*Dendrochirus zebra*	1
Lab	*Choerodon fasciatus*	3	Scom	*Scomberoides tol*	1
Lab	*Choerodon graphicus*	4	Sig	*Siganus argenteus*	2
Lab	*Cirrhilabrus laboutei*	1	Sig	*Siganus corallinus*	2
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	1	Sig	*Siganus doliatus*	8
Lab	*Cirrhilabrus temmenckii*	2	Sig	*Siganus puellus*	8
Lab	*Coris batuensis*	7	Sig	*Siganus vulpinus*	7
Lab	*Halichoeres argus*	5	Tet	*Arothron stellatus*	1
Lab	*Halichoeres melanurus*	3		**191**	**537**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**94**	5 fois	**9**	9 fois	**4**
2 fois	**26**	6 fois	**11**	10 fois	**23**
3 fois	**15**	7 fois	**11**		
4 fois	**13**	8 fois	**5**	**Total**	**191**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	7	3,2	**Dio**	1	0,1	**Nem**	5	1,8
Ant	2	0,2	**Dus**	1	0,1	**Ost**	1	0,3
Apo	6	0,6	**Epi**	11	2,8	**Pin**	5	1,8
Ath	1	0,1	**Gob**	15	2,4	**Poc**	5	0,7
Bal	4	0,6	**Gra**	1	0,2	**Pom**	29	10,2
Ble	2	1,0	**Hae**	4	0,4	**Pse**	1	0,1
Cae	3	0,7	**Hol**	3	0,4	**Sca**	13	3,8
Can	2	0,8	**Lab**	27	8,6	**Scom**	1	0,1
Car	1	0,1	**Let**	2	0,5	**Scr**	1	0,1
Cen	1	0,2	**Mic**	4	0,7	**Sig**	5	2,7
Cha	17	6,4	**Mon**	1	0,1	**Tet**	1	0,1
Cir	1	0,1	**Mul**	7	1,7	**35**	**191**	

Tableau n°344 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Woodin (ST04)

Fam	Espèces	nb fois	Fam	Espèces	nb fois
Aca	*Acanthurus blochii*	9	Let	*Gymnocranius euanus*	1
Aca	*Acanthurus dussumieri*	2	Let	*Gymnocranius grandoculis*	3
Aca	*Acanthurus mata*	6	Let	*Lethrinus miniatus*	1
Aca	*Acanthurus nigricauda*	4	Let	*Lethrinus nebulosus*	5
Aca	*Acanthurus thomsoni*	1	Let	*Lethrinus olivaceus*	2
Aca	*Ctenochaetus striatus*	9	Let	*Monotaxis heterodon*	4
Aca	*Naso brachycentron*	1	Lut	*Aprion virescens*	5
Aca	*Naso brevirostris*	5	Lut	*Lutjanus adetii*	1
Aca	*Naso caesius*	2	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	8
Aca	*Naso hexacanthus*	2	Lut	*Lutjanus bohar*	6
Aca	*Naso lituratus*	1	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	6
Aca	*Naso lopezi*	2	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	8
Aca	*Naso tonganus*	2	Lut	*Lutjanus fulvus*	4
Aca	*Naso unicornis*	3	Lut	*Lutjanus gibbus*	1
Aca	*Zebrasoma scopas*	10	Lut	*Lutjanus kasmira*	1
Aca	*Zebrasoma veliferum*	6	Lut	*Lutjanus monostigma*	2

Ant	*Pseudanthias pictilis*	1	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	3
Apo	*Apogon aureus*	7	Lut	*Lutjanus rivulatus*	1
Apo	*Ostorhinchus flavus*	3	Lut	*Lutjanus russelli*	2
Aul	*Aulostomus chinensis*	2	Lut	*Macolor niger*	1
Bal	*Pseudobalistes flavimarginatus*	1	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	1
Bal	*Sufflamen fraenatus*	1	Mic	*Ptereleotris evides*	2
Ble	*Astrosalarias fuscus*	1	Mul	*Parupeneus barberinoides*	4
Ble	*Cirripectes stigmaticus*	1	Mul	*Parupeneus ciliatus*	8
Ble	*Ecsenius bicolor*	7	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	1
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	8	Mul	*Parupeneus indicus*	6
Ble	*Plagiotremus laudantus*	2	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	2
Cae	*Caesio caerulaurea*	4	Mul	*Parupeneus spilurus*	1
Cae	*Caesio cuning*	9	Mur	*Gymnothorax javanicus*	1
Cae	*Caesio pisang*	1	Myl	*Aetobatus narinari*	1
Cae	*Caesio teres*	1	Nem	*Scolopsis bilineatus*	9
Can	*Canthigaster valentini*	5	Ost	*Ostracion cubicus*	5
Car	*Alepes vari*	2	Pin	*Parapercis hexophtalma*	4
Car	*Carangoides plagiotaenia*	1	Ple	*Assessor macneilli*	1
Car	*Caranx ignobilis*	3	Poc	*Centropyge bicolor*	10
Car	*Caranx melampygus*	3	Poc	*Centropyge bispinosa*	4
Car	*Caranx papuensis*	1	Poc	*Centropyge nox*	1
Car	*Caranx sexfasciatus*	2	Poc	*Centropyge tibicen*	10
Car	*Scomberoides lysan*	2	Poc	*Chaetodontoplus conspicillatus*	8
Carc	*Carcharhinus amblyrhynchos*	1	Poc	*Pomacanthus imperator*	2
Carc	*Triaenodon obesus*	2	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	8
Cha	*Chaetodon auriga*	8	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	7
Cha	*Chaetodon baronessa*	8	Poc	*Pygoplites diacanthus*	8
Cha	*Chaetodon bennetti*	7	Pom	*Abudefduf septemfasciatus*	1
Cha	*Chaetodon ephippium*	4	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	4
Cha	*Chaetodon flavirostris*	7	Pom	*Abudefduf whitleyi*	9
Cha	*Chaetodon kleinii*	2	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	6
Cha	*Chaetodon lunula*	1	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*	7
Cha	*Chaetodon lunulatus*	7	Pom	*Amblyglyphidodon melanopterus*	1
Cha	*Chaetodon melannotus*	2	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	7
Cha	*Chaetodon plebeius*	5	Pom	*Amblyglyphidodon ternatensis*	1
Cha	*Chaetodon speculum*	5	Pom	*Chromis amboinensis*	1
Cha	*Chaetodon trifascialis*	2	Pom	*Chromis analis*	2
Cha	*Chaetodon ulietensis*	6	Pom	*Chromis atripectoralis*	1
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	3	Pom	*Chromis chrysura*	2
Cha	*Chaetodon vagabundus*	10	Pom	*Chromis fumea*	1
Cha	*Coradion altivelis*	8	Pom	*Chromis iomelas*	3
Cha	*Heniochus acuminatus*	8	Pom	*Chromis leucura*	1
Cha	*Heniochus monoceros*	4	Pom	*Chromis margaritifer*	7
Cha	*Heniochus singularus*	1	Pom	*Chromis nitida*	1
Dio	*Diodon hystrix*	2	Pom	*Chromis retrofasciata*	1
Eng	*Stolephorus spp*	1	Pom	*Chromis viridis*	1
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	7	Pom	*Chromis xanthura*	1
Epi	*Cephalopholis argus*	1	Pom	*Chrysiptera rex*	1
Epi	*Cephalopholis boenak*	6	Pom	*Chrysiptera rollandi*	10
Epi	*Cephalopholis miniata*	1	Pom	*Chrysiptera starcki*	1
Epi	*Cephalopholis ongus*	3	Pom	*Chrysiptera taupou*	8
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	2	Pom	*Chrysiptera unimaculata*	1
Epi	*Cephalopholis urodeta*	1	Pom	*Dascyllus aruanus*	1
Epi	*Cromileptes altivelis*	3	Pom	*Dascyllus reticulatus*	6
Epi	*Epinephelus coioides*	2	Pom	*Dascyllus trimaculatus*	8
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	1	Pom	*Neoglyphidodon melas*	3
Epi	*Epinephelus fasciatus*	1	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*	8
Epi	*Epinephelus howlandi*	4	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*	1

Epi	*Epinephelus maculatus*	5	Pom	*Neopomacentrus azysron*	3
Epi	*Epinephelus malabaricus*	3	Pom	*Neopomacentrus nemurus*	5
Epi	*Epinephelus merra*	10	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*	1
Epi	*Epinephelus ongus*	3	Pom	*Pomacentrus amboinesis*	1
Epi	*Epinephelus rivulatus*	1	Pom	*Pomacentrus aurifrons*	5
Epi	*Epinephelus tauvina*	2	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	2
Epi	*Plectropomus leopardus*	9	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	1
Gob	*Valenciennea puellaris*	1	Pom	*Pomacentrus cœlestis*	2
Gra	*Diploprion bifasciatum*	6	Pom	*Pomacentrus lepidogenys*	1
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	7	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	10
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	2	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	4
Hae	*Plectorhinchus gibbosus*	4	Pom	*Pomacentrus philippinus*	1
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	1	Pom	*Pomacentrus spilotoceps*	2
Hae	*Plectorhinchus picus*	2	Pom	*Stegastes lividus*	1
Hol	*Myripristis murdjan*	2	Pom	*Stegastes nigricans*	1
Hol	*Neoniphon sammara*	1	Pri	*Priacanthus hamrur*	5
Hol	*Sargocentron rubrum*	1	Pse	*Pictichromis coralensis*	2
Hol	*Sargocentron spiniferum*	1	Pse	*Pseudochromis paccagnellae*	1
Kyp	*Kyphosus cinerascens*	2	Sca	*Cetoscarus ocellatus*	1
Kyp	*Kyphosus pacificus*	3	Sca	*Chlorurus microrhinos*	1
Kyp	*Kyphosus sydneyanus*	3	Sca	*Chlorurus sordidus*	10
Lab	*Anampses femininus*	7	Sca	*Hipposcarus longipes*	1
Lab	*Anampses neoguinaicus*	5	Sca	*Scarus altipinnis*	5
Lab	*Bodianus axillaris*	4	Sca	*Scarus bleekeri*	3
Lab	*Bodianus mesothorax*	3	Sca	*Scarus chameleon*	1
Lab	*Cheilinus chlorourus*	9	Sca	*Scarus flavipectoralis*	7
Lab	*Cheilinus fasciatus*	8	Sca	*Scarus frenatus*	3
Lab	*Cheilinus trilobatus*	8	Sca	*Scarus ghobban*	10
Lab	*Cheilinus undulatus*	1	Sca	*Scarus globiceps*	3
Lab	*Choerodon anchorago*	1	Sca	*Scarus niger*	4
Lab	*Choerodon fasciatus*	6	Sca	*Scarus psittacus*	1
Lab	*Choerodon graphicus*	9	Sca	*Scarus rivulatus*	2
Lab	*Cirrhilabrus lineatus*	3	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	4
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	1	Sca	*Scarus schlegeli*	2
Lab	*Coris aygula*	6	Sca	*Scarus spinus*	1
Lab	*Coris batuensis*	6	Scom	*Dendrochirus zebra*	2
Lab	*Epibulus insidiator*	7	Scom	*Pterois antennata*	1
Lab	*Gomphosus varius*	3	Scom	*Pterois volitans*	1
Lab	*Halichoeres argus*	5	Scom	*Scomberoides tol*	3
Lab	*Halichoeres hortulanus*	2	Scom	*Scomberomorus commerson*	2
Lab	*Halichoeres marginatus*	1	Sig	*Siganus argenteus*	3
Lab	*Halichoeres melanurus*	4	Sig	*Siganus canaliculatus*	2
Lab	*Halichoeres prosopeion*	9	Sig	*Siganus corallinus*	5
Lab	*Hemigymnus fasciatus*	3	Sig	*Siganus doliatus*	5
Lab	*Hemigymnus melapterus*	7	Sig	*Siganus fuscescens*	3
Lab	*Labroides bicolor*	2	Sig	*Siganus lineatus*	3
Lab	*Labroides dimidiatus*	10	Sig	*Siganus puellus*	8
Lab	*Labropsis australis*	3	Sig	*Siganus punctatus*	3
Lab	*Oxycheilinus celebicus*	1	Sig	*Siganus vulpinus*	7
Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	4	Sph	*Sphyraena jello*	1
Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	3	Syn	*Synodus variegatus*	4
Lab	*Pteragogus cryptus*	1	Tet	*Arothron meleagris*	1
Lab	*Thalassoma hardwicke*	1	Ura	*Uranoscopus sulphureus*	1
Lab	*Thalassoma lunare*	10	Zan	*Zanclus cornutus*	1
Lab	*Thalassoma lutescens*	1			**257** **930**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb

1 fois	**85**	5 fois	**16**	9 fois	**9**
2 fois	**41**	6 fois	**13**	10 fois	**11**
3 fois	**30**	7 fois	**16**		
4 fois	**19**	8 fois	**17**	**Total**	**257**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	16	6,50	**Gob**	1	0,10	**Pin**	1	0,40
Ant	1	0,10	**Gra**	1	0,60	**Ple**	1	0,10
Apo	2	1,00	**Hae**	5	1,60	**Poc**	9	5,80
Aul	1	0,20	**Hol**	4	0,50	**Pom**	46	14,60
Bal	2	0,20	**Kyp**	3	0,80	**Pri**	1	0,50
Ble	5	1,90	**Lab**	34	15,40	**Pse**	2	0,30
Cae	4	1,50	**Let**	6	1,60	**Sca**	17	5,90
Can	1	0,50	**Lut**	14	4,90	**Scom**	5	0,90
Car	7	1,40	**Mic**	2	0,30	**Sig**	9	3,90
Carc	2	0,30	**Mul**	6	2,20	**Sph**	1	0,10
Cha	19	9,80	**Mur**	1	0,10	**Syn**	1	0,40
Dio	1	0,20	**Myl**	1	0,10	**Tet**	1	0,10
Eng	1	0,10	**Nem**	1	0,90	**Ura**	1	0,10
Epi	19	6,50	**Ost**	1	0,50	**Zan**	1	0,10
						42	**257**	

Tableau n°345 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Ioro (ST05)

Fam	Espèces	Nb de fois	Fam	Espèces	Nb de fois
Aca	*Acanthurus blochii*	9	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	1
Aca	*Acanthurus dussumieri*	2	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	3
Aca	*Acanthurus lineatus*	1	Lab	*Pteragogus cryptus*	1
Aca	*Acanthurus mata*	2	Lab	*Stethojulis bandanensis*	2
Aca	*Acanthurus nigricans*	2	Lab	*Thalassoma hardwicke*	3
Aca	*Acanthurus nigricauda*	6	Lab	*Thalassoma lunare*	10
Aca	*Acanthurus pyroferus*	1	Lab	*Thalassoma lutescens*	5
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	1	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	1
Aca	*Ctenochaetus striatus*	9	Let	*Gymnocranius euanus*	1
Aca	*Ctenochaetus strigosus*	1	Let	*Gymnocranius grandoculis*	1
Aca	*Naso brevirostris*	1	Let	*Lethrinus atkinsoni*	2
Aca	*Naso caesius*	1	Let	*Lethrinus miniatus*	1
Aca	*Naso hexacanthus*	1	Let	*Lethrinus nebulosus*	6
Aca	*Naso lituratus*	2	Let	*Lethrinus obsoletus*	1
Aca	*Naso tonganus*	1	Let	*Lethrinus xanthochilus*	1
Aca	*Naso unicornis*	9	Let	*Monotaxis heterodon*	3
Aca	*Zebrasoma scopas*	10	Lut	*Aprion virescens*	3
Aca	*Zebrasoma veliferum*	4	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	2
Ant	*Pseudanthias pictilis*	1	Lut	*Lutjanus bohar*	1
Apo	*Apogon aureus*	1	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	4
Apo	*Apogon doederleini*	2	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	4
Apo	*Apogon fuscus*	1	Lut	*Lutjanus fulvus*	1
Apo	*Apogon indicus*	1	Lut	*Lutjanus monostigma*	2
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	1	Lut	*Lutjanus russellii*	3
Aul	*Aulostomus chinensis*	4	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	1
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	1	Mic	*Ptereleotris evides*	1
Bal	*Sufflamen fraenatus*	6	Mon	*Aluterus scriptus*	1
Ble	*Ecsenius bicolor*	6	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	1
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	8	Mul	*Mulloidichthys flavolineatus*	3
Ble	*Meiacanthus phaeus*	1	Mul	*Parupeneus barberinoides*	2
Cae	*Caesio marri*	1	Mul	*Parupeneus barberinus*	3
Cae	*Caesio pisang*	1	Mul	*Parupeneus bifasciatus*	1
Cae	*Caesio trilineata*	1	Mul	*Parupeneus ciliatus*	5
Cae	*Caesio caerulaurea*	6	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	3
Cae	*Caesio cuning*	1	Mul	*Parupeneus indicus*	5

Can	*Canthigaster valentini*	8	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	3
Car	*Alepes vari*	1	Mul	*Parupeneus spilurus*	6
Car	*Atule mate*	1	Mul	*Upeneus tragula*	2
Car	*Carangoides coeruleopinnatus*	1	Mur	*Gymnothorax javanicus*	1
Car	*Carangoides dinema*	1	Mur	*Siderea picta*	1
Car	*Carangoides ferdau*	1	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	3
Car	*Carangoides plagiotaenia*	1	Nem	*Scolopsis bilineatus*	10
Car	*Caranx melampygus*	1	Nem	*Scolopsis lineatus*	1
Car	*Caranx papuensis*	1	Nem	*Scolopsis trilineatus*	1
Car	*Caranx sexfasciatus*	1	Ost	*Ostracion cubicus*	1
Car	*Scomberoides lysan*	2	Pin	*Parapercis flavissima*	1
Carc	*Triaenodon obesus*	1	Pin	*Parapercis hexophtalma*	8
Cen	*Aeoliscus strigastus*	1	Pin	*Parapercis millepunctata*	1
Cha	*Chaetodon auriga*	4	Ple	*Assessor macneilli*	2
Cha	*Chaetodon baronessa*	6	Poc	*Centropyge bicolor*	10
Cha	*Chaetodon bennetti*	3	Poc	*Centropyge bispinosa*	6
Cha	*Chaetodon citrinellus*	2	Poc	*Centropyge flavissima*	4
Cha	*Chaetodon ephippium*	3	Poc	*Centropyge nox*	1
Cha	*Chaetodon flavirostris*	5	Poc	*Centropyge tibicen*	10
Cha	*Chaetodon kleinii*	3	Poc	*Chaetodontoplus conspicillatus*	5
Cha	*Chaetodon lunulatus*	6	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	1
Cha	*Chaetodon melannotus*	1	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	7
Cha	*Chaetodon mertensii*	2	Poc	*Pomacentrus moluccensis*	1
Cha	*Chaetodon pelewensis*	1	Poc	*Pygoplites diacanthus*	7
Cha	*Chaetodon plebeius*	8	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	4
Cha	*Chaetodon speculum*	5	Pom	*Abudefduf whitleyi*	9
Cha	*Chaetodon trifascialis*	1	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	3
Cha	*Chaetodon ulietensis*	4	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*	3
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	1	Pom	*Amblyglyphidodon melanopterus*	1
Cha	*Chaetodon vagabundus*	5	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	6
Cha	*Coradion altivelis*	4	Pom	*Amblyglyphidodon ternatensis*	1
Cha	*Heniochus acuminatus*	8	Pom	*Amphiprion chrysopterus*	3
Cha	*Heniochus monoceros*	3	Pom	*Amphiprion clarkii*	4
Cha	*Heniochus singularus*	1	Pom	*Chromis amboinensis*	2
Cha	*Heniochus varius*	2	Pom	*Chromis atripectoralis*	2
Cir	*Paracirrhites forsteri*	2	Pom	*Chromis atripes*	1
Das	*Dasyatis kuhlii*	5	Pom	*Chromis fumea*	4
Eng	*Stolephorus spp*	1	Pom	*Chromis iomelas*	2
Epi	*Aethaloperca rogaa*	1	Pom	*Chromis margaritifer*	7
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	1	Pom	*Chromis nitida*	1
Epi	*Cephalopholis boenak*	3	Pom	*Chromis viridis*	2
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	1	Pom	*Chromis weberi*	1
Epi	*Cromileptes altivelis*	1	Pom	*Chromis xanthura*	1
Epi	*Epinephelus coioides*	3	Pom	*Chrysiptera rollandi*	10
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	1	Pom	*Chrysiptera starcki*	2
Epi	*Epinephelus maculatus*	5	Pom	*Chrysiptera taupou*	8
Epi	*Epinephelus merra*	5	Pom	*Dascyllus aruanus*	8
Epi	*Epinephelus ongus*	2	Pom	*Dascyllus reticulatus*	7
Epi	*Epinephelus rivulatus*	1	Pom	*Dascyllus trimaculatus*	10
Epi	*Plectropomus leopardus*	9	Pom	*Neoglyphidodon melas*	1
Gob	*Amblygobius phalaena*	4	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*	3
Gob	*Valenciennea puellaris*	2	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*	1
Gra	*Diploprion bifasciatum*	3	Pom	*Neopomacentrus nemurus*	2
Hae	*Diagramma pictum*	1	Pom	*Neopomacentrus taeniurus*	1
Hae	*Plecto. flavomaculatus*	1	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*	3
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	4	Pom	*Pomacentrus adelus*	2
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	4	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	1
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	1	Pom	*Pomacentrus brachialis*	1

Hae	*Plectorhinchus lineatus*	2	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	1
Hae	*Plectorhinchus pictum*	2	Pom	*Pomacentrus cœlestis*	2
Hae	*Plectorhinchus picus*	3	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	9
Hol	*Sargocentron spiniferum*	3	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	4
Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	1	Pom	*Pomacentrus philippinus*	4
Lab	*Anampses femininus*	3	Pom	*Stegastes albifasciatus*	1
Lab	*Anampses meleagrides*	1	Pom	*Stegastes aureus*	2
Lab	*Anampses neoguinaicus*	10	Pom	*Stegastes nigricans*	1
Lab	*Bodianus axillaris*	7	Pri	*Priacanthus hamrur*	4
Lab	*Bodianus loxozonus*	5	Pse	*Cypho purpurascens*	1
Lab	*Bodianus mesothorax*	2	Pse	*Pictichromis coralensis*	3
Lab	*Bodianus perditio*	2	Pse	*Pictichromis porphyreus*	1
Lab	*Cheilinus chlorourus*	9	Pse	*Pseudochromis paccagnellae*	1
Lab	*Cheilinus fasciatus*	2	Sca	*Cetoscarus ocellatus*	2
Lab	*Cheilinus trilobatus*	3	Sca	*Chlorurus sordidus*	9
Lab	*Cheilinus undulatus*	1	Sca	*Hipposcarus longiceps*	3
Lab	*Choerodon graphicus*	6	Sca	*Scarus altipinnis*	4
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	1	Sca	*Scarus bleekeri*	2
Lab	*Coris aygula*	5	Sca	*Scarus chameleon*	2
Lab	*Coris batuensis*	10	Sca	*Scarus flavipectoralis*	6
Lab	*Coris centralis*	1	Sca	*Scarus frenatus*	3
Lab	*Coris dorsomacula*	1	Sca	*Scarus ghobban*	6
Lab	*Coris gaimard*	2	Sca	*Scarus niger*	3
Lab	*Epibulus insidiator*	7	Sca	*Scarus rivulatus*	4
Lab	*Gomphosus varius*	3	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	4
Lab	*Halichoeres argus*	3	Sca	*Scarus schlegeli*	7
Lab	*Halichoeres hortulanus*	5	Sca	*Scarus spinus*	2
Lab	*Halichoeres margaritaceus*	1	Scom	*Scomberomorus commerson*	1
Lab	*Halichoeres melanurus*	7	Scr	*Synanceia verrucosa*	1
Lab	*Halichoeres prosopeion*	9	Sig	*Siganus argenteus*	3
Lab	*Halichoeres trimaculatus*	1	Sig	*Siganus canaliculatus*	2
Lab	*Hemigymnus fasciatus*	1	Sig	*Siganus doliatus*	9
Lab	*Hemigymnus melapterus*	8	Sig	*Siganus fuscescens*	1
Lab	*Labroides bicolor*	2	Sig	*Siganus puellus*	4
Lab	*Labroides dimidiatus*	9	Sig	*Siganus vulpinus*	2
Lab	*Labropsis australis*	2	Syn	*Saurida gracilis*	3
Lab	*Macropharyngodon negrosensis*	1	Syn	*Synodus binotatus*	1
Lab	*Novaculichthys taeniourus*	1	Syn	*Synodus dermatogenys*	1
Lab	*Oxycheilinus celebicus*	2	Syn	*Synodus variegatus*	4
		40			**264**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**103**	5 fois	**13**	9 fois	**11**
2 fois	**43**	6 fois	**13**	10 fois	**9**
3 fois	**34**	7 fois	**8**		
4 fois	**22**	8 fois	**8**	Total	**254**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	18	6,3	**Eng**	1	0,1	**Ost**	1	0,1
Ant	1	0,1	**Epi**	12	3,3	**Pin**	3	1,0
Apo	5	0,6	**Gob**	2	0,6	**Ple**	1	0,2
Aul	1	0,4	**Gra**	1	0,3	**Poc**	10	5,2
Bal	2	0,7	**Hae**	8	1,8	**Pom**	42	14,1
Ble	3	1,5	**Hol**	1	0,3	**Pri**	1	0,4
Cae	5	1,0	**Lab**	43	16,0	**Pse**	4	0,6
Can	1	0,8	**Let**	8	1,6	**Sca**	14	5,7
Car	10	1,1	**Lut**	8	2,0	**Scom**	1	0,1
Carc	1	0,1	**Mic**	2	0,2	**Scr**	1	0,1

Cen	1	0,1	**Mon**	2	0,2	**Sig**	6	2,1
Cha	22	7,8	**Mul**	10	3,3	**Syn**	4	0,9
Cir	1	0,2	**Mur**	2	0,2			
Das	1	0,5	**Nem**	4	1,5	**40**	**264**	

Tableau n°346 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Ionontea (ST06)

Fam	Espèces	Nb de fois	Fam	Espèces	Nb de fois
Aca	*Acanthurus achilles*	4	Lab	*Halichoeres melanurus*	4
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	3	Lab	*Halichoeres prosopeion*	8
Aca	*Acanthurus annulatus*	1	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	5
Aca	*Acanthurus blochii*	10	Lab	*Hemigymnus melapterus*	6
Aca	*Acanthurus dussumieri*	7	Lab	*Hologymnosus doliatus*	1
Aca	*Acanthurus lineatus*	1	Lab	*Labroides bicolor*	5
Aca	*Acanthurus mata*	9	Lab	*Labroides dimidiatus*	10
Aca	*Acanthurus nigricauda*	3	Lab	*Labropsis australis*	4
Aca	*Acanthurus olivaceus*	1	Lab	*Labropsis xanthonota*	1
Aca	*Acanthurus pyroferus*	1	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	3
Aca	*Acanthurus thompsoni*	1	Lab	*Oxycheilinus sp*	2
Aca	*Acanthurus xanthopterus*	1	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	3
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilinus*	1	Lab	*Stethojulis bandanensis*	3
Aca	*Ctenochaetus striatus*	10	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	4
Aca	*Naso brevirostris*	6	Lab	*Thalassoma hardwicke*	5
Aca	*Naso caesius*	1	Lab	*Thalassoma lunare*	10
Aca	*Naso hexacanthus*	1	Lab	*Thalassoma lutescens*	10
Aca	*Naso lituratus*	5	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	10
Aca	*Naso lopezi*	1	Lab	*Wetmorella albofasciata*	1
Aca	*Naso maculatus*	1	Let	*Aprion virescens*	1
Aca	*Naso thynnoides*	1	Let	*Lethrinus atkinsoni*	6
Aca	*Naso tonganus*	5	Let	*Lethrinus miniatus*	1
Aca	*Naso unicornis*	10	Let	*Lethrinus nebulosus*	8
Aca	*Naso vlamingii*	1	Let	*Monotaxis grandoculis*	3
Aca	*Prionurus maculatus*	3	Let	*Monotaxis heterodon*	5
Aca	*Zebrasoma scopas*	9	Lut	*Aprion virescens*	8
Aca	*Zebrasoma veliferum*	8	Lut	*Lutjanus adetii*	9
Ant	*Pseudanthias cooperi*	1	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	5
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	3	Lut	*Lutjanus bohar*	8
Ant	*Pseudanthias pascalus*	8	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	1
Ant	*Pseudanthias pictilis*	4	Lut	*Lutjanus fulvus*	5
Apo	*Apogon aureus*	1	Lut	*Lutjanus gibbus*	1
Apo	*Archamia fucata*	2	Lut	*Lutjanus monostigma*	1
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	2	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	4
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	2	Lut	*Lutjanus russellii*	3
Apo	*Ostorhinchus angustatus*	1	Lut	*Macolor macularis*	1
Apo	*Ostorhinchus aureus*	1	Lut	*Macolor niger*	2
Aul	*Aulostomus chinensis*	3	Mal	*Malacanthus latovittatus*	1
Bal	*Balistapus undulatus*	1	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	3
Bal	*Balistoides conspicillum*	3	Mic	*Gunnellichthys viridescens*	2
Bal	*Sufflamen bursa*	4	Mic	*Ptereleotris evides*	8
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	1	Mic	*Ptereleotris heteroptera*	1
Bal	*Sufflamen fraenatus*	10	Mon	*Aluterus scriptus*	1
Ble	*Atrosalarias fuscus*	2	Mon	*Cantherhines fronticintus*	1
Ble	*Ecsenius bicolor*	5	Mon	*Pervagor melanocephalus*	1
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	6	Mul	*Parupeneus barberinoides*	4
Ble	*Plagiotremus laudandus*	1	Mul	*Parupeneus barberinus*	1
Cae	*Caesio marri*	2	Mul	*Parupeneus ciliatus*	1
Cae	*Caesio caerulaurea*	5	Mul	*Parupeneus crassilabris*	2
Cae	*Pterocaesio digramma*	2	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	3
Can	*Canthigaster janthinoptera*	1	Mul	*Parupeneus indicus*	1

Can	*Canthigaster valentini*	6	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	6
Car	*Alectis ciliaris*	1	Mul	*Parupeneus spilurus*	2
Car	*Carangoides gymnostethus*	1	Mur	*Gymnothorax javanicus*	1
Car	*Caranx ignobilis*	3	Mur	*Gymnothorax meleagris*	1
Car	*Caranx sexfasciatus*	1	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	5
Car	*Gnathanodon speciosus*	2	Nem	*Scolopsis bilineatus*	10
Carc	*Carcharhinus albimarginatus*	2	Pin	*Parapercis clathrata*	2
Carc	*Triaenodon obesus*	2	Pin	*Parapercis hexophtalma*	2
Cha	*Chaetodon auriga*	2	Pin	*Parapercis millepunctata*	2
Cha	*Chaetodon bennetti*	3	Poc	*Apolemichthys trimaculatus*	2
Cha	*Chaetodon citrinellus*	5	Poc	*Centropyge bicolor*	10
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	Poc	*Centropyge bispinosa*	9
Cha	*Chaetodon flavirostris*	3	Poc	*Centropyge flavissima*	7
Cha	*Chaetodon guentheri*	1	Poc	*Centropyge tibicen*	9
Cha	*Chaetodon kleinii*	8	Poc	*Genicanthus melanospilos*	1
Cha	*Chaetodon lineolatus*	1	Poc	*Genicanthus watanabei*	2
Cha	*Chaetodon lunulatus*	3	Poc	*Pomacanthus chrysurus*	1
Cha	*Chaetodon mertensii*	8	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	5
Cha	*Chaetodon ornatissimus*	1	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	3
Cha	*Chaetodon pelewensis*	8	Poc	*Pygoplites diacanthus*	1
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	1
Cha	*Chaetodon speculum*	8	Pom	*Abudefduf vaigensis*	1
Cha	*Chaetodon trifascialis*	4	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	1
Cha	*Chaetodon ulietensis*	4	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	1
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	2	Pom	*Amphiprion chrysopterus*	1
Cha	*Chaetodon vagabundus*	6	Pom	*Amphiprion clarkii*	1
Cha	*Forcipiger flavissimus*	7	Pom	*Chromis agilis*	1
Cha	*Heniochus acuminatus*	1	Pom	*Chromis amboinensis*	5
Cha	*Heniochus chrysostomus*	5	Pom	*Chromis flavomaculata*	1
Cha	*Heniochus varius*	6	Pom	*Chromis fumea*	9
Cir	*Cirrhitichthys falco*	5	Pom	*Chromis iomelas*	5
Cir	*Paracirrhites arcatus*	5	Pom	*Chromis margaritifer*	8
Cir	*Paracirrhites forsteri*	7	Pom	*Chromis nitida*	1
Dus	*Spratelloides gracilis*	1	Pom	*Chromis retrofasciata*	1
Epi	*Aethaloperca rogaa*	3	Pom	*Chromis ternatensis*	1
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	2	Pom	*Chromis xanthura*	2
Epi	*Cephalopholis argus*	4	Pom	*Chrysiptera brownriggii*	1
Epi	*Cephalopholis miniata*	4	Pom	*Chrysiptera rex*	2
Epi	*Cephalopholis urodeta*	10	Pom	*Chrysiptera rollandi*	10
Epi	*Cromileptes altivelis*	7	Pom	*Chrysiptera taupou*	10
Epi	*Epinephelus coioides*	4	Pom	*Chrysiptera unimaculata*	3
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	4	Pom	*Dascyllus reticulatus*	10
Epi	*Epinephelus fasciatus*	8	Pom	*Dascyllus trimaculatus*	3
Epi	*Epinephelus howlandi*	2	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*	1
Epi	*Epinephelus maculatus*	6	Pom	*Neopomacentrus bankieri*	1
Epi	*Epinephelus malabaricus*	1	Pom	*Neopomacentrus filamentosus*	2
Epi	*Plectropomus laevis*	9	Pom	*Neopomacentrus violascens*	1
Epi	*Plectropomus leopardus*	10	Pom	*plectroglyphidodon imparipennis*	1
Epi	*Variola louti*	2	Pom	*plectroglyphidodon johnstonianus*	2
Fis	*Fistularia commersonii*	1	Pom	*plectroglyphidodon lacrymatus*	7
Gob	*Bryaninops ampulus*	1	Pom	*Pomacentrus amboinesis*	1
Hae	*Diagramma pictum*	5	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	4
Hae	*Plectorhinchus albovittatus*	1	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	6
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	9	Pom	*Pomacentrus imitator*	4
Hae	*Plectorhinchus gibbosus*	1	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	10
Hae	*Plectorhinchus picus*	5	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	8
Hol	*Myripristis kuntee*	1	Pom	*Pomacentrus pilotoceps*	1
Hol	*Sargocentron rubrum*	1	Pom	*Pomacentrus vaiuli*	1

Hol	*Sargocentron spiniferum*	1	Sca	*Cetoscarus ocellatus*	7
Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	1	Sca	*Chlorurus microrhinos*	2
Lab	*Anampses femininus*	5	Sca	*Chlorurus sordidus*	7
Lab	*Anampses geographicus*	1	Sca	*Scarus altipinnis*	4
Lab	*Anampses meleagrides*	1	Sca	*Scarus bicolor*	2
Lab	*Anampses neoguinaicus*	10	Sca	*Scarus chameleon*	2
Lab	*Bodianus axillaris*	6	Sca	*Scarus dimidiatus*	1
Lab	*Bodianus diana*	2	Sca	*Scarus flavipectoralis*	5
Lab	*Bodianus loxozonus*	4	Sca	*Scarus forsteni*	3
Lab	*Bodianus mesothorax*	1	Sca	*Scarus frenatus*	5
Lab	*Bodianus perditio*	8	Sca	*Scarus ghobban*	2
Lab	*Cheilinus chlorourus*	8	Sca	*Scarus globiceps*	2
Lab	*Cheilinus fasciatus*	2	Sca	*Scarus longipinnis*	1
Lab	*Cheilinus trilobatus*	1	Sca	*Scarus niger*	3
Lab	*Cirrhilabrus laboutei*	1	Sca	*Scarus psittacus*	3
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	1	Sca	*Scarus rivulatus*	2
Lab	*Cirrhilabrus scottorum*	2	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	4
Lab	*Coris aygula*	6	Sca	*Scarus schlegeli*	7
Lab	*Coris batuensis*	7	Scom	*Scomberomorus commerson*	3
Lab	*Coris gaimard*	1	Sig	*Siganus corallinus*	8
Lab	*Coris pictoides*	1	Sig	*Siganus dolliatus*	1
Lab	*Epibulus insidiator*	5	Sig	*Siganus fuscescens*	1
Lab	*Gomphosus varius*	9	Sig	*Siganus punctatus*	6
Lab	*Halichoeres argus*	3	Syn	*Saurida gracilis*	1
Lab	*Halichoeres biocellatus*	2	Syn	*Synodus variegatus*	4
Lab	*Halichoeres hortulanus*	10			
		35			**270**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**92**	5 fois	**25**	9 fois	**9**
2 fois	**39**	6 fois	**13**	10 fois	**18**
3 fois	**28**	7 fois	**10**		
4 fois	**20**	8 fois	**16**	**Total**	**254**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	27	10,5	**Dus**	1	0,1	**Mul**	8	2,0
Ant	4	1,6	**Epi**	15	7,6	**Mur**	2	0,2
Apo	6	0,9	**Fis**	1	0,1	**Nem**	2	1,5
Aul	1	0,3	**Gob**	1	0,1	**Pin**	3	0,6
Bal	5	1,9	**Hae**	5	2,1	**Poc**	11	5,0
Ble	4	1,4	**Hol**	3	0,3	**Pom**	38	12,9
Cae	3	0,9	**Lab**	44	19,3	**Sca**	18	6,2
Can	2	0,7	**Let**	6	2,4	**Scom**	1	0,3
Car	5	0,8	**Lut**	12	4,8	**Sig**	4	1,6
Carc	2	0,4	**Mal**	1	0,1	**Syn**	2	0,5
Cha	22	9,1	**Mic**	5	1,1			
Cir	3	1,7	**Mon**	3	0,3			
						35	**270**	

Tableau n°347 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Basse Chambeyron (ST07)

Fam	Espèces	Nb de fois	Fam	Espèces	Nb de fois
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	2	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	9
Aca	*Acanthurus blochii*	6	Lab	*Hemigymnus melapterus*	10
Aca	*Acanthurus dussumieri*	5	Lab	*Hologymnosus annulatus*	2
Aca	*Acanthurus mata*	8	Lab	*Hologymnosus doliatus*	1
Aca	*Acanthurus nigricauda*	1	Lab	*Labrichthys unilineatus*	1
Aca	*Acanthurus pyroferus*	2	Lab	*Labroides bicolor*	1
Aca	*Acanthurus xanthopterus*	4	Lab	*Labroides dimidiatus*	8

Aca	*Ctenochaetus striatus*	10	Lab	*Macropharyngodon kuiteri*	1
Aca	*Naso brachycentron*	1	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	3
Aca	*Naso brevirostris*	3	Lab	*Macropharyngodon negrosensis*	1
Aca	*Naso hexacanthus*	1	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	1
Aca	*Naso lituratus*	2	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	7
Aca	*Naso lopezi*	2	Lab	*Pseudocheilinus ocellatus*	1
Aca	*Naso maculatus*	1	Lab	*Pseudodax moluccanus*	1
Aca	*Naso tonganus*	8	Lab	*Pseudojuloides cerasinus*	2
Aca	*Naso unicornis*	9	Lab	*Stethojulis bandanensis*	2
Aca	*Naso vlamingii*	2	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	5
Aca	*Zebrasoma scopas*	10	Lab	*Thalassoma hardwicke*	2
Aca	*Zebrasoma veliferum*	3	Lab	*Thalassoma lunare*	10
Ant	*Pseudanthias dispar*	2	Lab	*Thalassoma lutescens*	10
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	2	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	10
Ant	*Pseudanthias pascalus*	5	Let	*Gymnocranius euanus*	2
Ant	*Pseudanthias pictilis*	3	Let	*Gymnocranius grandoculis*	1
Aul	*Aulostomus chinensis*	4	Let	*Lethrinus nebulosus*	1
Bal	*Pseudobalistes fuscus*	1	Let	*Lethrinus olivaceus*	1
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	2	Lut	*Aprion virescens*	6
Bal	*Sufflamen fraenatus*	9	Lut	*Lutjanus adetii*	2
Ble	*Cirripectes alboapicalis*	1	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	2
Ble	*Ecsenius bicolor*	3	Lut	*Lutjanus bohar*	6
Ble	*Exallias brevis*	1	Lut	*Macolor niger*	6
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	3	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	3
Cae	*Caesio caerulaurea*	2	Mic	*Nemateleotris decora*	1
Cae	*Pterocaesio diagramma*	1	Mic	*Ptereleotris evides*	9
Cae	*Pterocaesio pisang*	1	Mon	*Aluterus scriptus*	2
Can	*Canthigaster valentini*	7	Mon	*Amanses scopas*	3
Car	*Caranx ignobilis*	1	Mon	*Cantherhines dumerilii*	1
Car	*Caranx melampygus*	2	Mon	*Cantherhines fronticintus*	1
Car	*Caranx sexfasciatus*	3	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	4
Car	*Elagatis bipinnulata*	1	Mon	*Pervagor aspricaudus*	2
Car	*Gnathanodon speciosus*	3	Mon	*Pervagor melanocephalus*	3
Carc	*Carcharhinus albimarginatus*	4	Mul	*Mulloidichthys vanicolensis*	1
Carc	*Carcharhinus amblyrhynchos*	2	Mul	*Parupeneus barberinoides*	8
Carc	*Carcharhinus plumbeus*	1	Mul	*Parupeneus barberinus*	3
Cha	*Chaetodon auriga*	5	Mul	*Parupeneus indicus*	1
Cha	*Chaetodon baronessa*	8	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	3
Cha	*Chaetodon citrinellus*	6	Mur	*Gymnothorax javanicus*	1
Cha	*Chaetodon kleinii*	9	Nem	*Pentapodus caninus*	2
Cha	*Chaetodon lineolatus*	1	Nem	*Scolopsis bilineatus*	10
Cha	*Chaetodon lunula*	1	Ost	*Ostracion cubicus*	3
Cha	*Chaetodon lunulatus*	5	Pin	*Parapercis hexophtalma*	7
Cha	*Chaetodon mertensii*	9	Pin	*Parapercis millipunctata*	1
Cha	*Chaetodon ornatissimus*	1	Poc	*Centropyge bicolor*	10
Cha	*Chaetodon pelewensis*	8	Poc	*Centropyge bispinosa*	4
Cha	*Chaetodon plebeius*	2	Poc	*Centropyge flavissima*	7
Cha	*Chaetodon speculum*	1	Poc	*Centropyge tibicen*	10
Cha	*Chaetodon trifascialis*	2	Poc	*Genicanthus watanabei*	3
Cha	*Chaetodon ulietensis*	3	Poc	*Pomacanthus imperator*	1
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	5
Cha	*Coradion altivelis*	2	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	3
Cha	*Forcipiger flavissimus*	4	Poc	*Pygoplites diacanthus*	1
Cha	*Forcipiger longirostris*	1	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	4
Cha	*Heniochus acuminatus*	4	Pom	*Abudefduf sordidus*	1
Cha	*Heniochus chrysostomus*	2	Pom	*Abudefduf whitleyi*	2
Cha	*Heniochus monoceros*	1	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	3

Cha	*Heniochus varius*	8	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*	6
Cir	*Cirrhitichthys falco*	5	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	2
Cir	*Oxycirrhites typus*	2	Pom	*Amphiprion chrysopterus*	7
Cir	*Paracirrhites forsteri*	7	Pom	*Amphiprion clarkii*	3
Dus	*Spratelloides gracilis*	1	Pom	*Amphiprion perideraion*	1
Epi	*Aethaloperca rogaa*	1	Pom	*Chromis amboinensis*	4
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	4	Pom	*Chromis analis*	1
Epi	*Cephalopholis argus*	2	Pom	*Chromis atripectoralis*	4
Epi	*Cephalopholis miniata*	3	Pom	*Chromis chrysura*	2
Epi	*Cephalopholis ongus*	1	Pom	*Chromis fumea*	8
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	2	Pom	*Chromis iomelas*	4
Epi	*Cephalopholis urodeta*	8	Pom	*Chromis leucura*	4
Epi	*Cromileptes altivelis*	10	Pom	*Chromis margaritifer*	10
Epi	*Epinephelus coioides*	3	Pom	*Chromis retrofasciata*	2
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	5	Pom	*Chromis ternatensis*	1
Epi	*Epinephelus fasciatus*	2	Pom	*Chromis weberi*	4
Epi	*Epinephelus maculatus*	6	Pom	*Chrysiptera flavipinnis*	1
Epi	*Epinephelus malabaricus*	1	Pom	*Chrysiptera rex*	1
Epi	*Epinephelus merra*	3	Pom	*Chrysiptera rollandi*	8
Epi	*Epinephelus ongus*	2	Pom	*Chrysiptera taupou*	7
Epi	*Epinephelus polyphekadion*	7	Pom	*Dascyllus aruanus*	3
Epi	*Plectropomus laevis*	5	Pom	*Dascyllus reticulatus*	10
Epi	*Plectropomus leopardus*	10	Pom	*Dascyllus trimaculatus*	9
Epi	*Variola louti*	3	Pom	*Neoglyphidodon melas*	1
Fis	*Fistularia commersonii*	1	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*	1
Gob	*Valenciennea puellaris*	2	Pom	*Neopomacentrus azysron*	1
Gra	*Grammistes sexlineatus*	1	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*	1
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	3	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*	6
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	1	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*	7
Hae	*Plectorhinchus picus*	2	Pom	*Plectroglyphidodon leucozonus*	1
Hol	*Myripristis berndti*	1	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	5
Hol	*Sargocentron spiniferum*	4	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	2
Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	5	Pom	*Pomacentrus coelestis*	1
Lab	*Anampses femininus*	9	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	8
Lab	*Anampses geographicus*	2	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	8
Lab	*Anampses neoguinaicus*	10	Pom	*Pomacentrus nigromarginatus*	1
Lab	*Bodianus axillaris*	9	Pom	*Pomacentrus pavo*	1
Lab	*Bodianus diana*	1	Pom	*Pomacentrus vaiuli*	1
Lab	*Bodianus loxozonus*	5	Pse	*Pictichromis coralensis*	2
Lab	*Bodianus perditio*	8	Sca	*Cetoscarus ocellatus*	1
Lab	*Cheilinus chlorourus*	10	Sca	*Chlorurus microrhinos*	4
Lab	*Cheilinus fasciatus*	7	Sca	*Chlorurus sordidus*	10
Lab	*Cheilinus trilobatus*	5	Sca	*Scarus altipinnis*	3
Lab	*Choerodon anchorago*	1	Sca	*Scarus bleekeri*	5
Lab	*Choerodon fasciatus*	4	Sca	*Scarus flavipectoralis*	2
Lab	*Choerodon graphicus*	2	Sca	*Scarus forsteni*	4
Lab	*Cirrhilabrus dumminckii*	1	Sca	*Scarus frenatus*	1
Lab	*Cirrhilabrus lineatus*	1	Sca	*Scarus ghobban*	5
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	2	Sca	*Scarus longipinnis*	1
Lab	*Coris aygula*	6	Sca	*Scarus niger*	1
Lab	*Coris batuensis*	1	Sca	*Scarus pisittacus*	1
Lab	*Coris batuensis*	4	Sca	*Scarus rivulatus*	2
Lab	*Coris dorsomacula*	2	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	8
Lab	*Coris gaimard*	5	Sca	*Scarus schlegeli*	8
Lab	*Coris pictoides*	1	Sca	*Scarus spinus*	1
Lab	*Epibulus insidiator*	6	Scom	*Euthynnus affinis*	1

Lab	*Gomphosus varius*	9	Scom	*Scomberomorus commerson*	5
Lab	*Halichoeres argus*	4	Sig	*Siganus argenteus*	1
Lab	*Halichoeres biocellatus*	3	Sig	*Siganus corallinus*	2
Lab	*Halichoeres hortulanus*	7	Sig	*Siganus fuscescens*	2
Lab	*Halichoeres marginatus*	3	Sig	*Siganus puellus*	1
Lab	*Halichoeres melanurus*	5	Sig	*Siganus punctatus*	3
Lab	*Halichoeres pallidus*	1	Sig	*Siganus spinus*	2
Lab	*Halichoeres prosopeion*	10	Syn	*Synodus variegatus*	4
Lab	*Halichoeres trimaculatus*	1	**35**		**257**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**79**	5 fois	**18**	9 fois	**10**
2 fois	**47**	6 fois	**10**	10 fois	**17**
3 fois	**29**	7 fois	**11**		
4 fois	**21**	8 fois	**15**	**Total**	**254**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	19	8,0	**Epi**	19	7,8	**Mur**	1	0,1
Ant	4	1,2	**Fis**	1	0,1	**Nem**	2	1,2
Aul	1	0,4	**Gob**	1	0,2	**Ost**	1	0,3
Bal	3	1,2	**Gra**	1	0,1	**Pin**	2	0,8
Ble	4	0,8	**Hae**	3	0,6	**Poc**	9	4,4
Cae	3	0,4	**Hol**	2	0,5	**Pom**	42	15,7
Can	1	0,7	**Lab**	54	23,8	**Pse**	1	0,2
Car	5	1,0	**Let**	4	0,5	**Sca**	16	5,7
Carc	3	0,7	**Lut**	5	2,2	**Scom**	2	0,6
Cha	22	8,4	**Mic**	3	1,3	**Sig**	6	1,1
Cir	3	1,4	**Mon**	7	1,6	**Syn**	1	0,4
Dus	1	0,1	**Mul**	5	1,6			
						35	**257**	

Tableau n°348 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Puka (ST08)

Fam	Espèces	Nb de fois	Fam	Espèces	Nb de fois
Aca	*Acanthurus blochii*	8	Lab	*Halichoeres biocellatus*	1
Aca	*Acanthurus dussumieri*	3	Lab	*Halichoeres hortulanus*	5
Aca	*Acanthurus nigricans*	2	Lab	*Halichoeres melanurus*	5
Aca	*Acanthurus nigricauda*	3	Lab	*Halichoeres prosopeion*	9
Aca	*Acanthurus olivaceus*	3	Lab	*Halichoeres trimaculatus*	1
Aca	*Ctenochaetus striatus*	8	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	5
Aca	*Naso lituratus*	1	Lab	*Hemigymnus melapterus*	9
Aca	*Naso unicornis*	6	Lab	*Labrichthys unilineatus*	1
Aca	*Zebrasoma scopas*	9	Lab	*Labroides dimidiatus*	9
Aca	*Zebrasoma veliferum*	10	Lab	*Labropsis australis*	5
Apo	*Apogon aureus*	1	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	2
Apo	*Apogon doederleini*	2	Lab	*Macropharyngodon negrosensis*	1
Apo	*Apogon novemfasciatus*	1	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	6
Apo	*Apogon selas*	1	Lab	*Oxycheilinus sp*	1
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	2	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	5
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	3	Lab	*Pseudodax moluccanus*	2
Aul	*Aulostomus chinensis*	5	Lab	*Stethojulis bandanensis*	1
Bal	*Pseudobalistes flavimarginatus*	1	Lab	*Thalassoma lunare*	10
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	2	Lab	*Thalassoma lutescens*	9
Bal	*Sufflamen fraenatus*	9	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	3
Ble	*Cirripectes castaneus*	1	Lat	*Goniistius vestitus*	1
Ble	*Cirripectes speculum*	3	Mal	*Malacanthus latovittatus*	1
Ble	*Cirripectes stigmaticus*	4	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	3
Ble	*Ecsenius bicolor*	2	Mic	*Nemateleotris magnifica*	1

Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	3	Mic	*Ptereleotris evides*	2
Cae	*Caesio caerulaurea*	5	Mic	*Ptereleotris monoptera*	2
Cae	*Pterocaesio digramma*	1	Mon	*Amanses scopas*	1
Can	*Canthigaster janthinoptera*	1	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	4
Can	*Canthigaster valentini*	9	Mon	*Pervagor janthinosoma*	2
Car	*Caranx ignobilis*	1	Mul	*Parupeneus barberinoides*	3
Cha	*Chaetodon auriga*	2	Mul	*Parupeneus barberinus*	2
Cha	*Chaetodon baronessa*	8	Mul	*Parupeneus ciliatus*	3
Cha	*Chaetodon bennetti*	1	Mul	*Parupeneus indicus*	4
Cha	*Chaetodon citrinellus*	1	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	4
Cha	*Chaetodon ephippium*	4	Mul	*Parupeneus spilurus*	1
Cha	*Chaetodon flavirostris*	5	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	1
Cha	*Chaetodon lunula*	1	Nem	*Scolopsis bilineatus*	9
Cha	*Chaetodon lunulatus*	7	Ost	*Ostracion cubicus*	2
Cha	*Chaetodon melannotus*	1	Pin	*Parapercis hexophtalma*	7
Cha	*Chaetodon mertensii*	8	Ple	*Assessor macneilli*	5
Cha	*Chaetodon pelewensis*	4	Poc	*Centropyge bicolor*	10
Cha	*Chaetodon plebeius*	10	Poc	*Centropyge bispinosa*	5
Cha	*Chaetodon reticulatus*	1	Poc	*Centropyge flavissima*	3
Cha	*Chaetodon speculum*	4	Poc	*Centropyge tibicen*	9
Cha	*Chaetodon trifascialis*	4	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	3
Cha	*Chaetodon ulietensis*	8	Poc	*Pygoplites diacanthus*	3
Cha	*Chaetodon vagabundus*	4	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	2
Cha	*Heniochus acuminatus*	5	Pom	*Abudefduf whitleyi*	3
Cha	*Heniochus chrysostomus*	3	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	1
Cha	*Heniochus monoceros*	6	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*	1
Cha	*Heniochus varius*	5	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	5
Cir	*Cirrhitichthys falco*	6	Pom	*Amphiprion chrysopterus*	1
Ech	*Echeneis naucrates*	1	Pom	*Amphiprion clarkii*	8
Eph	*Platax teira*	1	Pom	*Chromis agilis*	1
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	1	Pom	*Chromis amboinensis*	1
Epi	*Diploprion bifasciatum*	1	Pom	*Chromis analis*	1
Epi	*Epinephelus coioides*	1	Pom	*Chromis atripectoralis*	2
Epi	*Epinephelus fasciatus*	1	Pom	*Chromis chrysura*	2
Epi	*Epinephelus howlandi*	2	Pom	*Chromis leucura*	3
Epi	*Epinephelus maculatus*	3	Pom	*Chromis margaritifer*	9
Epi	*Epinephelus malabaricus*	1	Pom	*Chromis viridis*	5
Epi	*Epinephelus merra*	4	Pom	*Chromis weberi*	2
Epi	*Plectropomus laevis*	4	Pom	*Chrysiptera rollandi*	9
Epi	*Plectropomus leopardus*	10	Pom	*Chrysiptera starcki*	1
Gob	*Amblyeleotris ogasawarensis*	1	Pom	*Chrysiptera taupou*	10
Gob	*Amblygobius sp*	1	Pom	*Chrysiptera unimaculata*	1
Gob	*Valenciennea puellaris*	1	Pom	*Dascyllus aruanus*	7
Gra	*Diploprion bifasciatum*	6	Pom	*Dascyllus reticulatus*	10
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	1	Pom	*Dascyllus trimaculatus*	3
Hae	*Plectorhinchus lineatus*	1	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*	6
Hae	*Plectorhinchus pictus*	2	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*	1
Hol	*Myripristis hexagona*	1	Pom	*Pomacentrus amboinesis*	2
Hol	*Myripristis murdjan*	2	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	1
Hol	*Myripristis pralinia*	1	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	1
Hol	*Myripristis violacea*	2	Pom	*Pomacentrus coelestis*	2
Hol	*Neoniphon sammara*	1	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	10
Hol	*Sargocentron caudimaculatum*	2	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	4
Hol	*Sargocentron ensifer*	2	Pom	*Pomacentrus pavo*	1
Lab	*Anampses femininus*	4	Pom	*Pomacentrus philippinus*	1
Lab	*Anampses neoguinaicus*	9	Pom	*Pomacentrus vaiuli*	1
Lab	*Bodianus axillaris*	4	Pom	*Stegastes nigricans*	1
Lab	*Bodianus bilunulatus*	1	Pri	*Priacanthus hamrur*	4

Lab	*Bodianus diana*	1	Sca	*Chlorurus microrhinos*	1
Lab	*Bodianus loxozonus*	8	Sca	*Chlorurus sordidus*	10
Lab	*Bodianus perditio*	9	Sca	*Scarus altipinnis*	4
Lab	*Cheilinus chlorourus*	8	Sca	*Scarus bleekeri*	1
Lab	*Cheilinus trilobatus*	4	Sca	*Scarus flavipectoralis*	5
Lab	*Cheilinus undulatus*	1	Sca	*Scarus frenatus*	6
Lab	*Chelinus chlorourus*	2	Sca	*Scarus ghobban*	7
Lab	*Choerodon graphicus*	5	Sca	*Scarus globiceps*	2
Lab	*Choerodon jordani*	2	Sca	*Scarus rivulatus*	1
Lab	*Cirrhilabrus exquisitus*	2	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	1
Lab	*Cirrhilabrus laboutei*	2	Sca	*Scarus schlegeli*	3
Lab	*Coris aygula*	2	Sca	*Scarus spinus*	1
Lab	*Coris batuensis*	8	Sig	*Siganus corallinus*	3
Lab	*Coris centralis*	1	Sig	*Siganus doliatus*	9
Lab	*Coris dorsomacula*	1	Sig	*Siganus puellus*	1
Lab	*Coris gaimard*	5	Sig	*Siganus vulpinus*	3
Lab	*Epibulus insidiator*	3	Sph	*Sphyraena barracuda*	1
Lab	*Gomphosus varius*	8	Syn	*Synodus variegatus*	1
Lab	*Halichoeres argus*	4	Zan	*Zanclus cornutus*	6
		36			**202**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**69**	5 fois	**17**	9 fois	**14**
2 fois	**31**	6 fois	**8**	10 fois	**9**
3 fois	**22**	7 fois	**4**		
4 fois	**18**	8 fois	**10**	**Total**	**202**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	10	5,3	**Epi**	10	2,8	**Nem**	2	1
Apo	6	1	**Gob**	3	0,3	**Ost**	1	0,2
Aul	1	0,5	**Gra**	1	0,6	**Pin**	1	0,7
Bal	3	1,2	**Hae**	3	0,4	**Ple**	1	0,5
Ble	5	1,3	**Hol**	7	1,1	**Poc**	6	3,3
Cae	2	0,6	**Lab**	43	18,4	**Pom**	35	11,9
Can	2	1	**Lat**	1	0,1	**Pri**	1	0,4
Car	1	0,1	**Mal**	1	0,1	**Sca**	12	4,2
Cha	21	9,2	**Mic**	4	0,6	**Sig**	4	1,6
Cir	1	0,6	**Mon**	3	0,7	**Sph**	1	0,1
Ech	1	0,1	**Mul**	6	1,7	**Syn**	1	0,1
Eph	1	0,1				**Zan**	1	0,6
						35	**202**	

Tableau n°349 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Bancs Kié (ST09)

Fam	Espèces	Nb de fois	Fam	Espèces	Nb de fois
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	3	Lab	*Halichoeres hortulanus*	8
Aca	*Acanthurus blochii*	8	Lab	*Halichoeres margaritaceus*	1
Aca	*Acanthurus dussumieri*	4	Lab	*Halichoeres melanurus*	3
Aca	*Acanthurus mata*	7	Lab	*Halichoeres ornatissimus*	2
Aca	*Acanthurus nigricans*	6	Lab	*Halichoeres prosopeion*	2
Aca	*Acanthurus nigricauda*	4	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	2
Aca	*Acanthurus olivaceus*	4	Lab	*Hemigymnus melapterus*	4
Aca	*Acanthurus pyroferus*	2	Lab	*Labroides bicolor*	1
Aca	*Acanthurus xanthopterus*	1	Lab	*Labroides dimidiatus*	8
Aca	*Ctenochaetus striatus*	10	Lab	*Labropsis australis*	2
Aca	*Naso brachycentron*	2	Lab	*Labropsis xanthonota*	1
Aca	*Naso brevirostris*	4	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	7
Aca	*Naso caesius*	3	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	5

Aca	*Naso lituratus*	1	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	1
Aca	*Naso tonganus*	6	Lab	*Stethojulis bandanensis*	3
Aca	*Naso unicornis*	8	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	5
Aca	*Naso vlamingii*	1	Lab	*Thalassoma hardwicke*	3
Aca	*Prionurus maculatus*	2	Lab	*Thalassoma lunare*	10
Aca	*Zebrasoma scopas*	3	Lab	*Thalassoma lutescens*	9
Aca	*Zebrasoma veliferum*	9	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	10
Ant	*Pseudanthias bicolor*	1	Lab	*Thalassoma quinquevittatum*	1
Ant	*Pseudanthias dispar*	7	Let	*Lethrinus olivaceus*	2
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	3	Lut	*Aprion virescens*	5
Ant	*Pseudanthias pascalus*	8	Lut	*Lutjanus bohar*	7
Ant	*Pseudanthias pictilis*	5	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	1
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	6	Mic	*Ptereleotris evides*	7
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	5	Mon	*Aluterus scriptus*	2
Ant	*Pseudanthias ventralis*	4	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	2
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	2	Mon	*Pervagor melanocephalus*	1
Aul	*Aulostomus chinensis*	4	Mul	*Parupeneus barberinoides*	8
Bal	*Balistoides conspicillum*	1	Mul	*Parupeneus barberinus*	3
Bal	*Balistoides viridescens*	2	Mul	*Parupeneus bifasciatus*	1
Bal	*Odonus niger*	1	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	3
Bal	*Pseudobalistes flavimarginatus*	1	Mul	*Parupeneus indicus*	1
Bal	*Sufflamen bursa*	1	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	4
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	4	Mur	*Gymnothorax javanicus*	1
Bal	*Sufflamen fraenatus*	10	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	8
Ble	*Cirrhipectes castaneus*	1	Nem	*Pentapodus sp*	1
Ble	*Cirrhipectes stigmaticus*	1	Nem	*Scolopsis bilineatus*	5
Ble	*Cirripectes castaneus*	2	Nem	*Scolopsis lineatus*	1
Ble	*Ecsenius isos*	1	Ost	*Ostracion cubicus*	2
Cae	*Caesio caerulaurea*	1	Pin	*Parapercis flavissimus*	1
Cae	*Pterocaesio trilineata*	1	Pin	*Parapercis hexophtalma*	6
Can	*Canthigaster janthinoptera*	1	Ple	*Assessor macneilli*	1
Can	*Canthigaster valentini*	9	Poc	*Apolemichthys trimaculatus*	1
Car	*Caranx ignobilis*	1	Poc	*Centropyge bicolor*	10
Car	*Caranx melampygus*	1	Poc	*Centropyge bispinosa*	10
Car	*Caranx sexfasciatus*	1	Poc	*Centropyge flavissima*	5
Car	*Gnathanodon speciosus*	1	Poc	*Centropyge tibicen*	10
Car	*Pseudocaranx dentex*	1	Poc	*Genicanthus watanabei*	2
Carc	*Carcharhinus albimarginatus*	1	Poc	*Pomacanthus imperator*	6
Cha	*Chaetodon auriga*	5	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	5
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	4
Cha	*Chaetodon citrinellus*	8	Poc	*Pygoplites diacanthus*	1
Cha	*Chaetodon kleinii*	10	Pom	*Amphiprion akyndinos*	1
Cha	*Chaetodon melannotus*	4	Pom	*Amphiprion chrisopterus*	2
Cha	*Chaetodon mertensii*	9	Pom	*Amphiprion clarkii*	7
Cha	*Chaetodon pelewensis*	7	Pom	*Chromis amboinensis*	1
Cha	*Chaetodon plebeius*	7	Pom	*Chromis chrysura*	1
Cha	*Chaetodon speculum*	4	Pom	*Chromis fumea*	8
Cha	*Chaetodon trifascialis*	3	Pom	*Chromis iomelas*	2
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	3	Pom	*Chromis leucura*	3
Cha	*Chaetodon vagabundus*	6	Pom	*Chromis margaritifer*	6
Cha	*Heniochus acuminatus*	5	Pom	*Chromis ternatensis*	2
Cha	*Heniochus chrysostomus*	3	Pom	*Chromis weberi*	1
Cha	*Heniochus monoceros*	1	Pom	*Chromis xanthura*	1
Cha	*Heniochus varius*	4	Pom	*Chrysiptera biocellata*	3
Cir	*Cirrhitichthys falco*	10	Pom	*Chrysiptera starcki*	2
Cir	*Cyprinocirrhites polyactis*	5	Pom	*Chrysiptera taupou*	10
Cir	*Paracirrhites arcatus*	4	Pom	*Dascyllus reticulatus*	8
Cir	*Paracirrhites forsteri*	9	Pom	*Dascyllus trimaculatus*	3

Cir	*Paracirrhites hemistictus*	1	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*	1
Dio	*Diodon hystrix*	1	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*	1
Epi	*Cephalopholis argus*	1	Pom	*Plectroglyphidodon imparipennis*	1
Epi	*Cephalopholis urodeta*	10	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*	2
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	4	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*	2
Epi	*Epinephelus fasciatus*	8	Pom	*Plectroglyphidodon leucozonus*	1
Epi	*Epinephelus howlandi*	1	Pom	*Pomacentrus amboinesis*	1
Epi	*Plectropomus laevis*	2	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	5
Epi	*Plectropomus leopardus*	8	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	3
Epi	*Variola louti*	7	Pom	*Pomacentrus coelestis*	2
Fis	*Fistularia commersonii*	1	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2
Gob	*Valenciennea strigata*	1	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	4
Gra	*Diploprion bifasciatum*	1	Pom	*Pomacentrus nigromarginatus*	1
Gra	*Grammistes sexlineatus*	1	Pom	*Pomacentrus philippinus*	1
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	1	Pom	*Pomacentrus spilotoceps*	1
Hol	*Sargocentron rubrum*	2	Pse	*Pictichromis coralensis*	1
Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	3	Pse	*Pseudochromis porphyreus*	1
Lab	*Anampses femininus*	4	Sca	*Cetoscarus ocellatus*	2
Lab	*Anampses meleagrides*	1	Sca	*Chlorurus microrhinos*	6
Lab	*Anampses neoguinaicus*	10	Sca	*Chlorurus sordidus*	9
Lab	*Bodianus axillaris*	3	Sca	*Hipposcarus longipes*	1
Lab	*Bodianus diana*	1	Sca	*Scarus altipinnis*	2
Lab	*Bodianus loxozonus*	1	Sca	*Scarus bleekeri*	2
Lab	*Bodianus perditio*	9	Sca	*Scarus forsteni*	1
Lab	*Cheilinus chlorourus*	6	Sca	*Scarus frenatus*	1
Lab	*Cheilinus fasciatus*	2	Sca	*Scarus ghobban*	5
Lab	*Cheilinus undulatus*	4	Sca	*Scarus rivulatus*	2
Lab	*Cheilio inermis*	1	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	4
Lab	*Choerodon anchorago*	1	Sca	*Scarus schlegeli*	6
Lab	*Choerodon jordani*	4	Sca	*Scarus spinus*	1
Lab	*Cirrhilabrus laboutei*	2	Sig	*Siganus argenteus*	3
Lab	*Cirrhilabrus lineatus*	1	Sig	*Siganus doliatus*	2
Lab	*Coris aygula*	3	Sig	*Siganus fuscescens*	1
Lab	*Coris batuensis*	8	Sig	*Siganus punctatus*	3
Lab	*Coris dorsomacula*	5	Sig	*Siganus spinus*	3
Lab	*Coris gaimard*	4	Sig	*Siganus vulpinus*	3
Lab	*Diproctacanthus xanthurus*	1	Syn	*Synodus variegatus*	2
Lab	*Gomphosus varius*	7	Tet	*Arothron stellatus*	1
Lab	*Halichoeres argus*	3			
		38			**220**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**75**	5 fois	**14**	9 fois	**12**
2 fois	**34**	6 fois	**11**	10 fois	**7**
3 fois	**24**	7 fois	**9**		
4 fois	**21**	8 fois	**13**	**Total**	**220**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	20	8,8	**Epi**	8	4,1	**Nem**	4	1,5
Ant	8	3,9	**Fis**	1	0,1	**Ost**	1	0,2
Apo	1	0,2	**Gob**	1	0,1	**Pin**	2	0,7
Aul	1	0,4	**Gra**	2	0,2	**Ple**	1	0,1
Bal	7	2,0	**Hae**	1	0,1	**Poc**	10	5,4
Ble	4	0,5	**Hol**	1	0,2	**Pom**	32	8,9
Cae	2	0,2	**Lab**	44	17,2	**Pse**	2	0,2
Can	2	1,0	**Let**	1	0,2	**Sca**	13	4,2
Car	5	0,5	**Lut**	2	1,2	**Sig**	6	1,5
Carc	1	0,1	**Mic**	3	0,7	**Syn**	1	0,2

Cha	16	8,1	**Mon**	3	0,5	**Tet**	1	0,1
Cir	5	2,9	**Mul**	6	2,0			
Dio	1	0,1	**Mur**	1	0,1			
						37	**220**	

Tableau n°350 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Ilot Kié (ST10)

Fam	Espèces	Nb de fois	Fam	Espèces	Nb de fois
Aca	*Acanthurus achilles*	3	Lab	*Hemigymnus melapterus*	8
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	5	Lab	*Hologymnosus doliatus*	1
Aca	*Acanthurus blochii*	4	Lab	*Labroides bicolor*	9
Aca	*Acanthurus dussumieri*	5	Lab	*Labroides dimidiatus*	10
Aca	*Acanthurus lineatus*	3	Lab	*Labropsis australis*	7
Aca	*Acanthurus mata*	6	Lab	*Labropsis xanthonota*	1
Aca	*Acanthurus nigricans*	1	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	4
Aca	*Acanthurus nigricauda*	1	Lab	*Novaculichthys taeniourus*	1
Aca	*Acanthurus nubilis*	1	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	9
Aca	*Acanthurus pyroferus*	6	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	5
Aca	*Acanthurus triostegus*	1	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	3
Aca	*Acanthurus xanthopterus*	4	Lab	*Pseudocheilinus hexataenia*	1
Aca	*Ctenochaetus striatus*	10	Lab	*Pseudocoris yamashiroi*	1
Aca	*Ctenochaetus tominiensis*	2	Lab	*Pseudojuloides cerasinus*	1
Aca	*Naso brachycentron*	5	Lab	*Stethojulis strigiventer*	2
Aca	*Naso caesius*	2	Lab	*Thalassoma hardwicke*	4
Aca	*Naso hexacanths*	1	Lab	*Thalassoma lunare*	10
Aca	*Naso lituratus*	5	Lab	*Thalassoma lutescens*	9
Aca	*Naso lopezi*	1	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	3
Aca	*Naso tonganus*	9	Let	*Gymnocranius euanus*	4
Aca	*Naso unicornis*	9	Let	*Lethrinus atkinsoni*	6
Aca	*Naso vlamingii*	4	Let	*Lethrinus miniatus*	3
Aca	*Zebrasoma scopas*	10	Let	*Lethrinus nebulosus*	2
Aca	*Zebrasoma veliferum*	5	Let	*Monotaxis grandoculis*	9
Ant	*Pseudanthias bicolor*	2	Let	*Monotaxis heterodon*	6
Ant	*Pseudanthias dispar*	1	Lut	*Aprion virescens*	8
Ant	*Pseudanthias pascalus*	10	Lut	*Lutjanus bohar*	10
Ant	*Pseudanthias pictilis*	1	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	4
Ant	*Pseudanthias regalis*	1	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	7
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	4	Lut	*Lutjanus fulvus*	6
Apo	*Apogon aureus*	4	Lut	*Lutjanus gibbus*	6
Apo	*Apogon doederleini*	1	Lut	*Lutjanus kasmira*	6
Apo	*Archamia fucata*	5	Lut	*Lutjanus monostigma*	4
Apo	*Archamia sp1*	3	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	9
Apo	*Archamia sp2*	4	Lut	*Macolor niger*	7
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	4	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	8
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	1	Mic	*Gunnellichthys monostigma*	1
Apo	*Ostorhinchus angustatus*	8	Mic	*Ptereleotris evides*	1
Apo	*Ostorhinchus aureus*	7	Mon	*Aluterus scriptus*	3
Aul	*Aulostomus chinensis*	7	Mon	*Amanses scopas*	1
Bal	*Odonus niger*	1	Mon	*Cantherhines dumerilii*	1
Bal	*Sufflamen bursa*	3	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	8
Bal	*Sufflamen fraenatus*	8	Mon	*Paraluteres prionurus*	2
Ble	*Cirripectes castaneus*	2	Mul	*Parupeneus barberinoides*	8
Ble	*Ecsenius bicolor*	4	Mul	*Parupeneus barberinus*	2
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	7	Mul	*Parupeneus bifasciatus*	1
Cae	*Caesio caerulaurea*	9	Mul	*Parupeneus crassilabris*	1
Cae	*Caesio teres*	1	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	1
Cae	*Pterocaesio digramma*	3	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	3
Cae	*Pterocaesio trilineata*	3	Mul	*Parupeneus pleurostigma*	2
Can	*Canthigaster valentini*	9	Myl	*Aetobatus narinari*	1

Car	*Alectis ciliaris*	1	Nem	*Pentapodus caninus*	1
Car	*Carangoides fulvoguttatus*	1	Nem	*Scolopsis bilineatus*	10
Car	*Carangoides gymnostethus*	1	Ost	*Ostracion cubicus*	1
Car	*Caranx melampygus*	2	Pin	*Parapercis cylindrica*	1
Car	*Gnathanodon speciosus*	3	Pin	*Parapercis hexophtalma*	8
Car	*Pseudocaranx dentex*	3	Ple	*Assessor macneilli*	3
Car	*Trachinotus blochii*	2	Poc	*Centropyge bicolor*	10
Carc	*Carcharhinus albimarginatus*	1	Poc	*Centropyge bispinosa*	9
Carc	*Carcharodon carcharias*	1	Poc	*Centropyge flavissima*	4
Carc	*Triaenodon obesus*	1	Poc	*Centropyge multifasciata*	1
Cha	*Chaetodon auriga*	1	Poc	*Centropyge tibicen*	10
Cha	*Chaetodon baronessa*	7	Poc	*Genicanthus watanabei*	3
Cha	*Chaetodon bennetti*	3	Poc	*Pomacanthus imperator*	2
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	2
Cha	*Chaetodon flavirostris*	1	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	5
Cha	*Chaetodon lineolatus*	1	Poc	*Pygoplites diacanthus*	5
Cha	*Chaetodon lunulatus*	10	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	5
Cha	*Chaetodon mertensii*	10	Pom	*Abudefduf whitleyi*	6
Cha	*Chaetodon ornatissimus*	7	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	4
Cha	*Chaetodon pelewensis*	9	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*	7
Cha	*Chaetodon plebeius*	9	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*	2
Cha	*Chaetodon speculum*	4	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	7
Cha	*Chaetodon trifascialis*	3	Pom	*Amphiprion chrysopterus*	3
Cha	*Chaetodon ulietensis*	2	Pom	*Amphiprion clarkii*	3
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	3	Pom	*Amphiprion melanopus*	4
Cha	*Chaetodon vagabundus*	3	Pom	*Amphiprion perideraion*	2
Cha	*Forcipiger longirostris*	8	Pom	*Chromis agilis*	2
Cha	*Heniochus acuminatus*	3	Pom	*Chromis amboinensis*	5
Cha	*Heniochus chrysostomus*	3	Pom	*Chromis analis*	6
Cha	*Heniochus varius*	8	Pom	*Chromis atripectoralis*	4
Cir	*Cirrhitichthys falco*	9	Pom	*Chromis atripes*	6
Cir	*Paracirrhites forsteri*	6	Pom	*Chromis chrysura*	4
Dus	*Spratelloides gracilis*	2	Pom	*Chromis fumea*	8
Epi	*Aethaloperca rogaa*	1	Pom	*Chromis iomelas*	10
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	5	Pom	*Chromis leucura*	1
Epi	*Cephalopholis argus*	6	Pom	*Chromis margaritifer*	10
Epi	*Cephalopholis miniata*	8	Pom	*Chromis retrofasciata*	5
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	9	Pom	*Chromis ternatensis*	2
Epi	*Cephalopholis urodeta*	6	Pom	*Chromis viridis*	10
Epi	*Cromileptes altivelis*	4	Pom	*Chromis weberi*	2
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	1	Pom	*Chrysiptera brownriggii*	1
Epi	*Epinephelus fasciatus*	5	Pom	*Chrysiptera notialis*	3
Epi	*Epinephelus fuscoguttatus*	1	Pom	*Chrysiptera rex*	3
Epi	*Epinephelus maculatus*	7	Pom	*Chrysiptera rollandi*	10
Epi	*Epinephelus merra*	10	Pom	*Chrysiptera starcki*	6
Epi	*Epinephelus rivulatus*	1	Pom	*Chrysiptera taupou*	5
Epi	*Epinephelus tauvina*	1	Pom	*Dascyllus aruanus*	2
Epi	*Plectropomus areolatus*	3	Pom	*Dascyllus reticulatus*	10
Epi	*Plectropomus laevis*	10	Pom	*Dascyllus trimaculatus*	2
Epi	*Plectropomus leopardus*	10	Pom	*Neoglyphidodon azysron*	3
Epi	*Variola louti*	1	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*	5
Fis	*Fistularia commersonii*	2	Pom	*Neopomacentrus filamentosus*	2
Gob	*Valenciennea parva*	4	Pom	*Neopomacentrus violascens*	1
Gob	*Valenciennea strigata*	1	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*	2
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	9	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*	9
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	1	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*	5
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	2	Pom	*Pomacentrus aurifrons*	1
Hae	*Plectorhinchus picus*	4	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	5

Hol	*Myripristis murdjan*	4	Pom	*Pomacentrus brachialis*	1
Hol	*Neoniphon sammara*	1	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	6
Kyp	*Kyphosus pacificus*	2	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	9
Kyp	*Kyphosus sydneyanus*	7	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	4
Lab	*Anampses femininus*	8	Pom	*Pomacentrus philippinus*	5
Lab	*Anampses meleagrides*	1	Pom	*Pomacentrus spilotoceps*	2
Lab	*Anampses neoguinaicus*	10	Pom	*Stegastes aureus*	4
Lab	*Bodianus anthioides*	1	Pom	*Stegastes lividus*	1
Lab	*Bodianus axillaris*	6	Pse	*Pictichromis coralensis*	3
Lab	*Bodianus bilunulatus*	1	Sca	*Cetoscarus ocellatus*	5
Lab	*Bodianus loxozonus*	7	Sca	*Chlorurus microrhinos*	7
Lab	*Bodianus perditio*	8	Sca	*Chlorurus sordidus*	10
Lab	*Cheilinus chlorourus*	5	Sca	*Hipposcarus longipes*	5
Lab	*Cheilinus fasciatus*	8	Sca	*Scarus altipinnis*	3
Lab	*Cheilinus trilobatus*	4	Sca	*Scarus bleekeri*	2
Lab	*Cheilinus undulatus*	9	Sca	*Scarus chameleon*	4
Lab	*Choerodon fasciatus*	1	Sca	*Scarus dimidiatus*	1
Lab	*Choerodon jordani*	1	Sca	*Scarus flavipectoralis*	9
Lab	*Cirrhilabrus lineatus*	1	Sca	*Scarus forsteni*	1
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	1	Sca	*Scarus frenatus*	1
Lab	*Coris aygula*	3	Sca	*Scarus niger*	1
Lab	*Coris batuensis*	7	Sca	*Scarus oviceps*	1
Lab	*Coris centralis*	3	Sca	*Scarus psittacus*	1
Lab	*Coris dorsomacula*	3	Sca	*Scarus rivulatus*	1
Lab	*Coris gaimard*	3	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	5
Lab	*Epibulus insidiator*	8	Sca	*Scarus schlegeli*	9
Lab	*Gomphosus varius*	9	Scom	*Scomberomorus commerson*	8
Lab	*Halichoeres argus*	3	Sig	*Siganus corallinus*	7
Lab	*Halichoeres biocellatus*	2	Sig	*Siganus doliatus*	1
Lab	*Halichoeres chrysus*	1	Sig	*Siganus puellus*	1
Lab	*Halichoeres hortulanus*	5	Sig	*Siganus punctatus*	3
Lab	*Halichoeres melanurus*	3	Sig	*Siganus vulpinus*	2
Lab	*Halichoeres melasmapomus*	1	Sph	*Sphyraena jello*	4
Lab	*Halichoeres ornatissimus*	6	Syn	*Saurida gracilis*	2
Lab	*Halichoeres prosopeion*	10	Syn	*Synodus variegatus*	3
Lab	*Hemigymnus fasciatus*	10	Tet	*Arothron stellatus*	2
			Zan	*Zanclus cornutus*	2

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**74**	5 fois	**24**	9 fois	**20**
2 fois	**35**	6 fois	**17**	10 fois	**23**
3 fois	**37**	7 fois	**16**		
4 fois	**28**	8 fois	**18**	**Total**	**292**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	24	10,3	**Fis**	1	0,2	**Ost**	1	0,1
Ant	6	1,9	**Gob**	2	0,5	**Pin**	2	0,9
Apo	9	3,7	**Hae**	5	1,5	**Ple**	1	0,3
Aul	1	0,7	**Hol**	2	0,5	**Poc**	10	5,1
Bal	3	1,2	**Kyp**	2	0,9	**Pom**	50	22,5
Ble	3	1,3	**Lab**	51	23,8	**Pse**	1	0,3
Cae	4	1,6	**Let**	6	3,0	**Sca**	17	6,6
Can	1	0,9	**Lut**	10	6,7	**Scom**	1	0,8
Car	7	1,3	**Mic**	3	1,0	**Sig**	5	1,4
Carc	3	0,3	**Mon**	5	1,5	**Sph**	1	0,4
Cha	20	9,7	**Mul**	7	1,8	**Syn**	2	0,5
Cir	2	1,5	**Myl**	1	0,1	**Tet**	1	0,2
Dus	1	0,2	**Nem**	2	1,1	**Zan**	1	0,2

Epi	18	8,9				
					40	**292**

Tableau n°351 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Toémo (ST11)

Fam	Espèces	Nb de fois	Fam	Espèces	Nb de fois
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	1	Lab	*Labroides dimidiatus*	10
Aca	*Acanthurus blochii*	9	Lab	*Labropsis australis*	5
Aca	*Acanthurus dussumieri*	4	Lab	*Labropsis xanthonota*	1
Aca	*Acanthurus lineatus*	8	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	7
Aca	*Acanthurus mata*	6	Lab	*Macropharyngodon negrosensis*	2
Aca	*Acanthurus nigricans*	3	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	4
Aca	*Acanthurus pyroferus*	1	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	3
Aca	*Acanthurus xanthopterus*	4	Lab	*Oxycheilinus lineatus*	1
Aca	*Ctenochaetus flavicauda*	1	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	6
Aca	*Ctenochaetus striatus*	10	Lab	*Pseudocheilinus evanidus*	1
Aca	*Naso brachycentron*	3	Lab	*Pseudocheilinus hexataenia*	1
Aca	*Naso brevirostris*	5	Lab	*Pseudocoris yamashiroi*	1
Aca	*Naso lituratus*	4	Lab	*Pseudodax moluccanus*	1
Aca	*Naso tonganus*	4	Lab	*Pteragogus cryptus*	1
Aca	*Naso unicornis*	9	Lab	*Stethojulis bandanensis*	5
Aca	*Naso vlamingii*	1	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	3
Aca	*Zebrasoma scopas*	10	Lab	*Thalassoma hardwicke*	2
Aca	*Zebrasoma veliferum*	5	Lab	*Thalassoma lunare*	9
Ant	*Pseudanthias bicolor*	1	Lab	*Thalassoma lutescens*	9
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	2	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	9
Ant	*Pseudanthias pascalus*	4	Let	*Gymnocranius euanus*	1
Ant	*Pseudanthias pictilis*	2	Let	*Monotaxis grandoculis*	2
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	1	Lut	*Aprion virescens*	1
Apo	*Apogon apogonides*	1	Lut	*Lutjanus bohar*	5
Apo	*Apogon aureus*	2	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	1
Aul	*Aulostomus chinensis*	8	Lut	*Lutjanus kasmira*	1
Bal	*Balistoides viridescens*	2	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	1
Bal	*Sufflamen bursa*	1	Lut	*Macolor niger*	1
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	2	Mal	*Malacanthus latovittatus*	1
Bal	*Sufflamen fraenatus*	10	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	5
Ble	*Atrosalarias fuscus*	1	Mic	*Gunnellichthys monostigma*	1
Ble	*Cirripectes castaneus*	1	Mic	*Nemateleotris magnifica*	1
Ble	*Ecsenius bicolor*	3	Mic	*Ptereleotris evides*	8
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	3	Mon	*Amanses scopas*	1
Cae	*Caesio caerulaurea*	4	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	2
Cae	*Pterocaesio digramma*	2	Mon	*Paraluteres prionurus*	2
Cae	*Pterocaesio trilineata*	2	Mul	*Parupeneus barberinoides*	5
Can	*Arothron meleagris*	1	Mul	*Parupeneus barberinus*	2
Can	*Canthigaster valentini*	6	Mul	*Parupeneus bifasciatus*	1
Car	*Caranx ignobilis*	1	Mul	*Parupeneus ciliatus*	1
Carc	*Triaenodon obesus*	1	Mul	*Parupeneus crassilabris*	1
Cha	*Chaetodon auriga*	6	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	3
Cha	*Chaetodon baronessa*	3	Mul	*Parupeneus indicus*	1
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	3
Cha	*Chaetodon citrinellus*	4	Mul	*Parupeneus spilurus*	1
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	Mur	*Gymnothorax javanicus*	1
Cha	*Chaetodon flavirostris*	5	Nem	*Scolopsis bilineatus*	10
Cha	*Chaetodon kleinii*	6	Ost	*Ostracion cubicus*	2
Cha	*Chaetodon lunula*	2	Pin	*Parapercis cylindrica*	1
Cha	*Chaetodon lunulatus*	4	Pin	*Parapercis flavissimus*	1
Cha	*Chaetodon melannotus*	3	Pin	*Parapercis hexophtalma*	9
Cha	*Chaetodon mertensii*	10	Ple	*Assessor macneilli*	2

Cha	*Chaetodon ornatissimus*	3	Poc	*Centropyge bicolor*	9
Cha	*Chaetodon pelewensis*	8	Poc	*Centropyge bispinosa*	7
Cha	*Chaetodon plebeius*	9	Poc	*Centropyge flavissima*	8
Cha	*Chaetodon speculum*	8	Poc	*Centropyge tibicen*	10
Cha	*Chaetodon trifascialis*	3	Poc	*Chaetodontoplus conspicillatus*	1
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	6	Poc	*Pomacanthus imperator*	2
Cha	*Chaetodon vagabundus*	7	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	5
Cha	*Forcipiger longirostris*	4	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	7
Cha	*Heniochus acuminatus*	3	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	3
Cha	*Heniochus monoceros*	6	Pom	*Abudefduf whitleyi*	7
Cha	*Heniochus varius*	8	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	2
Cir	*Cirrhitichthys falco*	9	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*	2
Cir	*Paracirrhites arcatus*	4	Pom	*Amphiprion clarkii*	2
Cir	*Paracirrhites forsteri*	5	Pom	*Amphiprion melanopus*	1
Ech	*Echeneis naucrates*	1	Pom	*Chromis amboinensis*	3
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	3	Pom	*Chromis analis*	2
Epi	*Cephalopholis miniata*	2	Pom	*Chromis atripes*	2
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	3	Pom	*Chromis chrysura*	2
Epi	*Cephalopholis urodeta*	10	Pom	*Chromis fumea*	8
Epi	*Cromileptes altivelis*	2	Pom	*Chromis iomelas*	7
Epi	*Epinephelus fasciatus*	4	Pom	*Chromis leucura*	1
Epi	*Epinephelus fuscoguttatus*	1	Pom	*Chromis margaritifer*	10
Epi	*Epinephelus howlandi*	1	Pom	*Chromis retrofasciatus*	2
Epi	*Epinephelus maculatus*	3	Pom	*Chromis viridis*	5
Epi	*Epinephelus malabaricus*	1	Pom	*Chromis weberi*	1
Epi	*Epinephelus merra*	2	Pom	*Chrysiptera biocellata*	1
Epi	*Epinephelus polyphekadion*	1	Pom	*Chrysiptera rex*	1
Epi	*Plectropomus laevis*	2	Pom	*Chrysiptera rollandi*	7
Epi	*Plectropomus leopardus*	9	Pom	*Chrysiptera starcki*	3
Epi	*Variola louti*	4	Pom	*Chrysiptera taupou*	10
Fis	*Fistularia commersonii*	1	Pom	*Dascyllus aruanus*	1
Gob	*Valenciennea puellaris*	1	Pom	*Dascyllus reticulatus*	9
Gob	*Valenciennea randalli*	1	Pom	*Neoglyphidodon dickii*	1
Gra	*Diploprion bifasciatum*	4	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*	6
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	9	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*	2
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	3	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*	2
Hae	*Plectorhinchus lineatus*	3	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*	7
Hae	*Plectorhinchus picus*	4	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*	6
Hol	*Myripristis botsche*	1	Pom	*Pomacentrus adelus*	1
Hol	*Myripristis hexagona*	3	Pom	*Pomacentrus amboinesis*	2
Hol	*Myripristis melanosticta*	1	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	6
Hol	*Myripristis murdjan*	2	Pom	*Pomacentrus brachialis*	1
Hol	*Sargocentron ensifer*	2	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	1
Hol	*Sargocentron spiniferum*	5	Pom	*Pomacentrus coelestis*	2
Lab	*Anampses femininus*	7	Pom	*Pomacentrus imitator*	1
Lab	*Anampses geographicus*	2	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	9
Lab	*Anampses meleagrides*	1	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	3
Lab	*Anampses neoguinaicus*	9	Pom	*Pomacentrus pavo*	1
Lab	*Bodianus anthioides*	1	Pom	*Pomacentrus philippinus*	3
Lab	*Bodianus axillaris*	4	Pom	*Pomacentrus simsiang*	1
Lab	*Bodianus loxozonus*	4	Pom	*Pomacentrus vaiuli*	1
Lab	*Bodianus mesothorax*	1	Pom	*Stegastes fasciolatus*	1
Lab	*Bodianus perditio*	9	Pom	*Stegastes lividus*	1
Lab	*Cheilinus chlorourus*	6	Pom	*Stegastes nigricans*	1
Lab	*Cheilinus fasciatus*	2	Pse	*Pictichromis coralensis*	1
Lab	*Cheilinus trilobatus*	2	Sca	*Cetoscarus ocellatus*	6
Lab	*Cheilinus undulatus*	2	Sca	*Chlorurus microrhinos*	1
Lab	*Cheilio inermis*	1	Sca	*Chlorurus sordidus*	9

Lab	*Choerodon graphicus*	1	Sca	*Hipposcarus longiceps*	2
Lab	*Choerodon jordani*	2	Sca	*Scarus altipinnis*	2
Lab	*Cirrhilabrus laboutei*	1	Sca	*Scarus bleekeri*	1
Lab	*Cirrhilabrus lineatus*	1	Sca	*Scarus chameleon*	4
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	2	Sca	*Scarus flavipectoralis*	6
Lab	*Cirrhilabrus scottorum*	1	Sca	*Scarus forsteni*	2
Lab	*Coris aygula*	2	Sca	*Scarus frenatus*	3
Lab	*Coris batuensis*	7	Sca	*Scarus ghobban*	3
Lab	*Coris dorsomacula*	2	Sca	*Scarus globiceps*	1
Lab	*Coris gaimard*	3	Sca	*Scarus longipinnis*	2
Lab	*Epibulus insidiator*	6	Sca	*Scarus niger*	3
Lab	*Gomphosus varius*	10	Sca	*Scarus rivulatus*	2
Lab	*Halichoeres argus*	5	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	7
Lab	*Halichoeres hortulanus*	9	Sca	*Scarus schlegeli*	9
Lab	*Halichoeres melanurus*	2	Scom	*Scomberomorus commerson*	1
Lab	*Halichoeres ornatissimus*	2	Sig	*Siganus canaliculatus*	2
Lab	*Halichoeres prosopeion*	8	Sig	*Siganus doliatus*	1
Lab	*Hemigymnus fasciatus*	8	Sig	*Siganus fuscescens*	1
Lab	*Hemigymnus melapterus*	8	Sig	*Siganus punctatus*	2
Lab	*Hologymnosus annulatus*	3	Syn	*Synodus variegatus*	3
Lab	*Hologymnosus doliatus*	2	Tet	*Arothron hispidus*	1
Lab	*Hologymnosus longipes*	1	Zan	*Zanclus cornutus*	5
Lab	*Labrichthys unilineatus*	1			
Lab	*Labroides bicolor*	4	**40**		**267**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**85**	5 fois	**14**	9 fois	**18**
2 fois	**54**	6 fois	**14**	10 fois	**11**
3 fois	**30**	7 fois	**12**		
4 fois	**19**	8 fois	**10**	**Total**	**267**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	18	8,8	**Fis**	1	0,1	**Ost**	1	0,2
Ant	5	1,0	**Gob**	2	0,2	**Pin**	3	1,1
Apo	2	0,3	**Gra**	1	0,4	**Ple**	1	0,2
Aul	1	0,8	**Hae**	4	1,9	**Poc**	8	4,9
Bal	4	1,5	**Hol**	6	1,4	**Pom**	46	15,1
Ble	4	0,8	**Lab**	58	22,3	**Pse**	1	0,1
Cae	3	0,8	**Let**	2	0,3	**Sca**	17	6,3
Can	2	0,7	**Lut**	6	1,0	**Scom**	1	0,1
Car	1	0,1	**Mal**	1	0,1	**Sig**	4	0,6
Carc	1	0,1	**Mic**	5	1,4	**Syn**	1	0,3
Cha	22	11,2	**Mon**	3	0,5	**Tet**	1	0,1
Cir	3	1,8	**Mul**	9	1,8	**Zan**	1	0,5
Ech	1	0,1	**Mur**	1	0,1			
Epi	15	4,8	**Nem**	1	1,0			
						40	**267**	

Tableau n°352 : Annexe 06 : Données ichtyofaune Ugo (ST12)

Fam	Espèces	Nb de fois	Fam	Espèces	Nb de fois
Aca	*Acanthurus blochii*	7	Lab	*Labropsis xanthonota*	4
Aca	*Acanthurus nigricauda*	2	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	8
Aca	*Ctenochaetus binotatus*	1	Lab	*Oxycheilinus diagrammus*	2
Aca	*Ctenochaetus striatus*	8	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	2
Aca	*Naso unicornis*	5	Lab	*Stethojulis bandanensis*	2
Aca	*Zebrasoma scopas*	8	Lab	*Thalassoma hardwicke*	1
Aca	*Zebrasoma veliferum*	6	Lab	*Thalassoma lunare*	8
Ant	*Pseudanthias pascalus*	1	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	1
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	1	Lei	*Leiognathus equulus*	2

Apo	*Apogon doederleini*	8	Let	*Gnathodentex aureolineatus*	2
Apo	*Apogon fucata*	4	Let	*Gymnocranius grandoculis*	1
Apo	*Apogon fuscus*	5	Let	*Lethrinus atkinsoni*	1
Apo	*Apogon indicus*	2	Let	*Lethrinus erythracanthus*	1
Apo	*Archamia leai*	6	Let	*Lethrinus harak*	1
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	7	Let	*Lethrinus nebulosus*	1
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	3	Lut	*Aphareus furca*	1
Apo	*Ostorhinchus aureus*	6	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	4
Aul	*Aulostomus chinensis*	7	Lut	*Lutjanus fulvus*	1
Bal	*Pseudobalistes fuscus*	1	Lut	*Lutjanus monostigma*	1
Bal	*Sufflamen fraenatus*	5	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	6
Ble	*Ecsenius bicolor*	7	Mon	*Pervagor melanocephalus*	3
Ble	*Exallias brevis*	1	Mul	*Parupeneus barberinoides*	4
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	7	Mul	*Parupeneus ciliatus*	2
Ble	*Plagiotremus laudandus*	1	Mul	*Parupeneus indicus*	3
Ble	*Plagiotremus rhinorhynchos*	1	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	2
Cae	*Caesio caerulaurea*	7	Mul	*Parupeneus spilurus*	1
Cae	*Pterocaesio digramma*	1	Mur	*Gymnothorax javanicus*	1
Cae	*Pterocaesio pisang*	2	Nem	*Scolopsis bilineatus*	8
Can	*Canthigaster valentini*	3	Nem	*Scolopsis lineatus*	1
Car	*Trianodon obesus*	2	Ost	*Ostracion cubicus*	1
Carc	*Triaenodon obesus*	1	Pin	*Parapercis millepunctata*	2
Cha	*Chaetodon baronessa*	7	Pin	*Parapercis multiplicata*	1
Cha	*Chaetodon bennetti*	3	Ple	*Assessor macneilli*	1
Cha	*Chaetodon ephippium*	1	Poc	*Centropyge bicolor*	8
Cha	*Chaetodon flavirostris*	3	Poc	*Centropyge bispinosa*	6
Cha	*Chaetodon kleinii*	1	Poc	*Centropyge tibicen*	8
Cha	*Chaetodon lunulatus*	5	Poc	*Pomacanthus imperator*	1
Cha	*Chaetodon plebeius*	2	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*	5
Cha	*Chaetodon speculum*	2	Poc	*Pygoplites diacanthus*	5
Cha	*Chaetodon trifascialis*	1	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	2
Cha	*Chaetodon ulietensis*	4	Pom	*Abudefduf whitleyi*	7
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	2	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*	1
Cha	*Forcipiger flavissimus*	2	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*	4
Cha	*Forcipiger longirostris*	1	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*	7
Cha	*Heniochus acuminatus*	3	Pom	*Chromis amboinensis*	2
Cha	*Heniochus varius*	4	Pom	*Chromis analis*	1
Dio	*Diodon hystrix*	1	Pom	*Chromis atripectoralis*	3
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	2	Pom	*Chromis chrysura*	1
Epi	*Cephalopholis boenak*	6	Pom	*Chromis fumea*	7
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	1	Pom	*Chromis lepidolepsis*	1
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	1	Pom	*Chromis margaritifer*	8
Epi	*Epinephelus howlandi*	1	Pom	*Chromis nitida*	1
Epi	*Epinephelus maculatus*	2	Pom	*Chromis retrofasciata*	1
Epi	*Epinephelus merra*	5	Pom	*Chromis viridis*	8
Epi	*Epinephelus ongus*	3	Pom	*Chrysiptera rex*	3
Epi	*Plectropomus laevis*	1	Pom	*Chrysiptera rollandi*	8
Epi	*Plectropomus leopardus*	7	Pom	*Chrysiptera taupou*	4
Gob	*Amblygobius phalaena*	1	Pom	*Dascyllus aruanus*	7
Gob	*Koumansetta rainfordi*	1	Pom	*Dascyllus reticulatus*	7
Gob	*Valenciennea randalli*	1	Pom	*Dascyllus trimaculatus*	1
Gra	*Diploprion bifasciatum*	3	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*	5
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	1	Pom	*Neoglyphidodon polyacanthus*	1
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	5	Pom	*Neopomacentrus filamentosus*	1
Hae	*Plectorhinchus lineatus*	1	Pom	*Pomacentrus amboinesis*	1
Hol	*Sargocentron spiniferum*	2	Pom	*Pomacentrus bankanensis*	2
Lab	*Anampses caeruleopunctatus*	1	Pom	*Pomacentrus chrysurus*	3
Lab	*Anampses femininus*	7	Pom	*Pomacentrus coelestis*	4

Lab	*Anampses geographicus*	1	Pom	*Pomacentrus moluccensis*	7
Lab	*Anampses neoguinaicus*	6	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*	5
Lab	*Bodianus axillaris*	6	Pom	*Pomacentrus tripunctatus*	1
Lab	*Bodianus bilunulatus*	1	Pri	*Priacanthus hamrur*	4
Lab	*Bodianus diana*	1	Pse	*Pictichromis coralensis*	2
Lab	*Bodianus mesothorax*	3	Sca	*Cetoscarus ocellatus*	1
Lab	*Cheilinus chlorourus*	7	Sca	*Chlorurus sordidus*	6
Lab	*Cheilinus fasciatus*	5	Sca	*Scarus altipinnis*	1
Lab	*Cheilinus trilobatus*	4	Sca	*Scarus bleekeri*	4
Lab	*Choerodon fasciatus*	6	Sca	*Scarus dimidiatus*	1
Lab	*Choerodon graphicus*	1	Sca	*Scarus flavipectoralis*	8
Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	5	Sca	*Scarus frenatus*	1
Lab	*Coris aygula*	1	Sca	*Scarus ghobban*	2
Lab	*Coris batuensis*	4	Sca	*Scarus globiceps*	2
Lab	*Epibulus insidiator*	4	Sca	*Scarus rubroviolaceus*	1
Lab	*Gomphosus varius*	5	Sca	*Scarus schlegeli*	2
Lab	*Halichoeres argus*	3	Scom	*Scomberomorus commerson*	1
Lab	*Halichoeres biocellatus*	2	Sig	*Siganus argenteus*	1
Lab	*Halichoeres melanurus*	4	Sig	*Siganus corallinus*	3
Lab	*Halichoeres prosopeion*	3	Sig	*Siganus doliatus*	6
Lab	*Hemigymnus fasciatus*	8	Sig	*Siganus puellus*	4
Lab	*Hemigymnus melapterus*	5	Sig	*Siganus spinus*	2
Lab	*Hologymnosus annulatus*	2	Sig	*Siganus vulpinus*	7
Lab	*Labrichthys unilineatus*	1	Syn	*Saurida gracilis*	2
Lab	*Labroides bicolor*	4	Syn	*Synodus variegatus*	1
Lab	*Labroides dimidiatus*	8	Tet	*Arothron stellatus*	1
Lab	*Labropsis australis*	2	Zan	*Zanclus cornutus*	1
			39		**188**

Vu	nb	Vu	nb	Vu	nb
1 fois	**68**	5 fois	**14**	~~9 fois~~	-
2 fois	**31**	6 fois	**11**	~~10 fois~~	-
3 fois	**16**	7 fois	**17**		
4 fois	**17**	8 fois	**14**	**Total**	**188**

Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission	Fam	Nb esp.	Nb moy./ mission
Aca	7	4,6	**Gob**	3	0,4	**Ost**	1	0,1
Ant	2	0,3	**Gra**	1	0,4	**Pin**	2	0,4
Apo	8	5,1	**Hae**	3	0,9	**Ple**	1	0,1
Aul	1	0,9	**Hol**	1	0,3	**Poc**	6	4,1
Bal	2	0,8	**Lab**	37	17,3	**Pom**	31	14,3
Ble	5	2,1	**Lei**	1	0,3	**Pri**	1	0,5
Cae	3	1,3	**Let**	6	0,9	**Pse**	1	0,3
Can	1	0,4	**Lut**	4	0,9	**Sca**	11	3,6
Car	1	0,3	**Mic**	1	0,8	**Scom**	1	0,1
Carc	1	0,1	**Mon**	1	0,4	**Sig**	6	2,9
Cha	15	5,1	**Mul**	5	1,5	**Syn**	2	0,4
Dio	1	0,1	**Mur**	1	0,1	**Tet**	1	0,1
Epi	10	3,6	**Nem**	2	1,1	**Zan**	1	0,1
						39	**188**	

Aqua Terra

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

Milieu marin : états initiaux & **suivis**, échantillonnage terrain : courantologie, substrat (LIT), benthos & coraux, poissons (TLV), prélèvements eau & sédiment. Toutes les méthodes du guide du CNRT. Dossier DAODPM

Milieu eaux douces : états initiaux & **suivis** avec prélèvements eau & sédiment et faune benthique. **Indices biotiques** (dont IBNC et IBS), indice EPT, structure des populations …

Plans de restauration et de réhabilitation : milieu marin (récifs), mangroves et rivières

Gestion de la flore et écologie : états initiaux**, inventaires floristiques,** zonation de formations végétales, études d'impact, plans de conservation, **plans de restauration**, revégétalisation de sites miniers, génie végétal, valorisation du milieu naturel, **Maitrise d'œuvre** / suivi de chantier en revégétalisation

Mines et carrières : techniques minières, exploitation, **fermeture de site** (gestion des eaux, terrassement, revégétalisation), **gestion des eaux** (audit, conception d'ouvrages, plans), dossiers de **Demande d'Autorisation d'Exploitation** nouvelle ou en régularisation selon le nouveau Code Minier, **Demande de Travaux de Recherche** selon le nouveau Code minier, ICPE, hydrologie et hydrogéologie, **Maitrise d'œuvre / suivi de chantier** en terrassement, gestion des eaux et revégétalisation

Etudes Environnementales, ICPE, EFE, EI, DAODPM : dans les domaines des déchets, des projets industriels, des projets d'aménagement, des projets en milieu naturel (maritime, dulçaquicole ou terrestre), pour la conception de projet dans un but de développement durable (aménagements aquatiques, écotourisme, épuration biologique des eaux, rédaction de plan HSE, suivi de chantier, de certification, …)

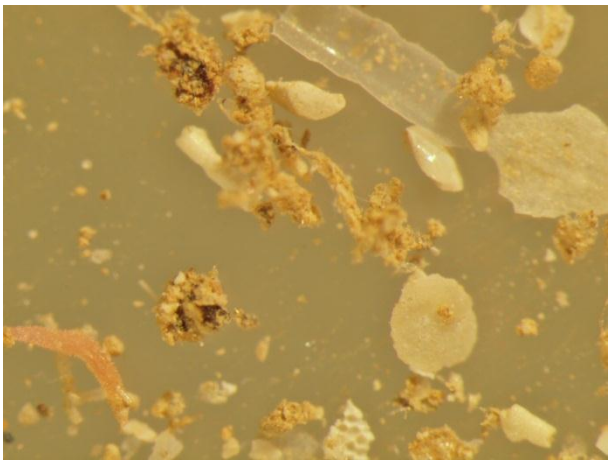
Formation, sensibilisation, management : environnement, normes, réglementations, audits internes**, Management qualité** – Norme ISO 9001, **Management environnemental** – Norme ISO 14001

aquaterra@aquaterra-nc.com

ANNEXE IV

LES FLUX SEDIMENTAIRES 2013

SUIVI DES DENSITES DE FLUX VERTICAUX DE PARTICULES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ET LA BAIE KWE : MISSION SEPTEMBRE-OCTOBRE 2012





07 juillet 2013

Photos de couverture AEL : Observation au microscope d'un échantillon de MES récoltée dans le Canal de la Havannah

© AEL / LEA Environnement

CONTRAT DE CONSULTANCE

AEL - LEA

Convention n° 110308-VI-11

Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah et la Baie Kwé : mission Septembre-Octobre 2012

Fernandez Jean Michel

Moreton Benjamin

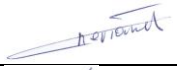
Le Grand Hélène

Pluchino Stéphanie

© AEL / LEA Environnement

Nombre de pages : 56

	N/Ref	V/Ref
Identification	110308-VI-11	Contrat 2684
Titre complet	Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah et la Baie Kwé : mission Septembre-Octobre 2012	
Auteurs	Fernandez JM, Moreton B, Le Grand H et Pluchino Stéphanie	
Résumé	Le programme de travail ici présenté fait suite à la définition de « l'Etat de référence » des densités de flux verticaux de particules déterminés pour le Canal de la Havannah et la Baie Kwé en 2007 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1230) et constitue la **troisième campagne** de suivi semestriel. Dans le contexte de la mise en exploitation de l'usine de Vale-NC, l'étude a consisté en un suivi temporel des densités de flux verticaux afin d'estimer les apports en particules fines issues de la rivière Kwé et rejetées par le diffuseur entre le 12 septembre et le 29 octobre. A cet effet, trois mouillages de lignes équipées de pièges à sédiments séquentiels ont été réalisés. En fin de saison fraîche, la distribution des MES dans les eaux, tant en Baie Kwé que dans le Canal de la Havannah, est grandement régie par l'action mécanique de la houle, elle-même générée par les vents notamment d'un large secteur sud. Toutefois, en Baie Kwé la conjonction des facteurs hydro-climatique permet de générer des panaches turbides de plus grande intensité. Les paramètres physico-chimiques et géochimiques analysés montrent des évolutions temporelles tant au niveau de la Baie Kwé que dans le Canal de la Havannah. Les valeurs de flux de matière (MES et métaux) entrent toutes dans les gammes observées antérieurement mais sujettes à une augmentation globale intersaison.	

APPROBATION			
FONCTION	**NOMS**	**VISA**	**DATE**
Rédacteur	Fernandez JM		17/07/13
Vérificateur 1	Moreton B		19/07/13
Vérificateur 2	Kumar-Roiné S		23/07/13
Approbateur(s)	Fernandez JM		26/07/13

EVOLUTION		
VERSION	**DESCRIPTION DES MISES A JOUR**	**DATE**
V1.0	Rapport définitif	26/07/13

COPIE - DIFFUSION	
NOM	**ORGANISME**
Casalis C	Département environnement Vale-NC

Ce rapport est cité comme suit :

Fernandez JM, Moreton B, Le Grand H, et Pluchino Stéphanie, 2013. Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah et la baie Kwé : mission de septembre et octobre 2012. Contrat Vale-NC/AEL n° 2684, Rapport AEL 110308-VI-11, 56p.

© AEL / LEA Environnement

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION 7
2 OBJECTIFS 8
3 METHODOLOGIE 9
3.1 SITE D'ETUDE ET CONDITIONS DE MOUILLAGES 9
3.2 ECHANTILLONNAGE 11
3.3 PARAMETRES PHYSIQUES, GEOCHIMIQUES ET ANALYSES 11
4 RESULTATS 12
4.1 PARAMETRE METEOROLOGIQUES 12
4.1.1 Précipitations atmosphériques 12
4.1.2 Direction du vent 12
4.1.3 Vitesse du vent 13
4.2 CARACTERISATION DES MATIERES EN SUSPENSION 14
4.2.1 Baie Kwé (station St06-KW1) 14
4.2.2 Canal de la Havannah (station St60-NE) 16
4.2.3 Canal de la Havannah (station St60-SW) 18
4.3 COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MATIERES EN SUSPENSION 22
4.3.1 Baie Kwé (station St06-KW1) 22
4.3.2 Canal de la Havannah (station St60-NE) 23
4.3.3 Canal de la Havannah (station St60-SW) 25
5 INTERPRETATION 28
5.1 INFLUENCE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES 28
5.1.1 Baie Kwé, ... 28
5.1.2 Canal de la Havannah 29
5.2 CALCUL DES FLUX DE MATIERES 32
6 CONCLUSION 34
7 REFERENCES 35
8 LISTE DES FIGURES 36
9 LISTE DES TABLEAUX 38
10 LISTE DES ANNEXES 39

1 INTRODUCTION

Le travail ici présenté a été défini en accord avec la Convention pour la Conservation de la Biodiversité (CCB, 2009) passée entre Vale-NC et la Province Sud.

Cette étude fait suite à la définition de « l'Etat de référence » des densités de flux verticaux de particules déterminée pour le Canal de la Havannah et la Baie Kwé en 2007 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1230).

Si les effets de l'hyper-sédimentation sont mesurables à moyen et long termes par le calcul des taux d'accumulation (géochronologie à l'échelle pluriannuelle), pour des laps de temps plus courts les apports sédimentaires sont quantifiables grâce à la mesure de la densité de flux vertical des particules à des échelles qui peuvent être journalière à pluri-mensuelle. Cette mesure constitue un indicateur précoce de la sédimentation.

Les conséquences de l'augmentation de ces flux sont la réduction de la lumière, de l'oxygène dissous et en particulier de la pollution par les éléments métalliques. En effet, les particules sont reconnues comme le principal vecteur des polluants dans la contamination des organismes pélagiques, dont les poissons qui sont, en bout de chaine, consommés par l'homme.

Dans le contexte de la mise en exploitation de l'usine de Vale-NC, l'étude consiste à estimer les apports en particules fines :

- D'une part, générées consécutivement aux différents travaux d'excavation et de mise en exploitation progressive de la mine ;
- D'autre part, persistantes dans les effluents industriels traités et rejetés dans le Canal de la Havannah via le diffuseur.

2 OBJECTIFS

Les objectifs poursuivis dans chacune des deux zones d'études, c'est-à-dire la Baie Kwé et le Canal de la Havannah, ont été d'effectuer, respectivement :

- le suivi temporel des apports terrigènes générés par l'activité minière en sortie de la Baie Kwé, dans un secteur de relative profondeur (h>15m). En effet, il est nécessaire de s'affranchir des phénomènes mécaniques comme le charriage des grosses particules sur le fond, il n'est donc pris en compte que les fractions fines en suspension potentiellement transportables par les courants sur de longues distances, comme le suggère la modélisation (Convention IRD/Goro-Ni n° n°1124, Volet « Simulation hydrodynamique »);
- le suivi temporel des apports industriels issus du procédé chimique au voisinage immédiat du diffuseur. Ce suivi avait pour objet de répondre aux questions de la double rémanence supposée :
    - d'une part, du gypse formé après l'étape de neutralisation des solutions acides d'extraction du Ni par le calcaire ;
    - d'autre part, des précipités de $CaCO_3$ et d'hydroxydes de Mn supposés être générés lors de l'entrée en contact de l'effluent avec l'eau de mer, phénomène qui pourrait entraîner une fraction non négligeable des métaux (dont Mn). Les expériences de laboratoire et la modélisation associée (Convention IRD/Goro-Ni, n° 1124 ; Volet « Réactivité chimique de l'effluent ») montrent que seule une formation négligeable de précipités de calcite devrait se produire. La mesure in-situ permet de discuter de cette hypothèse, dans l'état actuel du niveau des rejets (phase de démarrage de l'usine).

Ce rapport présente les résultats obtenus pour la **troisième campagne de mouillage semestrielle** des 4 que compte le programme de suivi environnemental relatif aux flux particulaires dans le Canal de la Havannah passé entre Vale-NC et AEL (Contrat Vale/AEL n° 2684).

3 METHODOLOGIE

3.1 SITE D'ETUDE ET CONDITIONS DE MOUILLAGES

Cette troisième campagne d'études des flux a été conduite de mi-septembre à mi-octobre 2012. Les missions de mouillage et de récupération des lignes instrumentées ont été réalisées à bord de l'embarcation « Slavko ».

De manière plus détaillée, les mouillages concernent trois lignes équipées chacune d'un piège à sédiments séquentiel, d'un lest associé à un largueur acoustique et d'un flotteur de sub-surface.

Les sites instrumentés sont les suivants (Figure 1 et Tableau 1) :

- Zone d'influence du rejet : il s'agit de deux stations (St60-SW et St60-NE) localisées perpendiculairement à 60 m de part et d'autre du diffuseur. Ces sites, définies pour l'étude de traçage colorimétrique (Contrat AEL/Vale-NC n° 20233), font l'objet d'une surveillance de la physico-chimie de la colonne d'eau à proximité (St09 ; Contrat AEL/Vale-NC n°E22584) ;
- Zone d'influence de la mine : Il s'agit d'une station dans la proche embouchure de la rivière Kwé (St06-KW1) et qui a permis la définition de l'état de référence des flux particulaires en 2006 (Convention IRD/Goro-Ni n°1230) afin d'assurer le suivi des apports induits par le bassin d'exploitation minière.

Tableau 1 : Localisation exacte des trois stations de mouillage des pièges à particules séquentiels : Canal de la Havannah (St60-SW et St60-NE) et en baie Kwé (StKW1). Ces coordonnées sont conformes au référentiel WGS-84.

STATION	St60-SW	St60-NE	St06-KW1
Longitude Est	166° 59,620	166°59.678	166°59,140
Latitude Sud	22° 22,158	22° 22,109	22°20,747
Profondeur (m)	37	39	18

Le dispositif de collecte a été placé à 3 mètres au-dessus du fond. Cette cote est particulièrement importante à respecter pour les pièges mouillés à proximité du diffuseur pour que les orifices de collecte demeurent en contact avec l'effluent même lorsque les conditions hydrodynamiques des marées de vive-eau s'exercent. Ce prérequis est conforme aux résultats du traçage réalisé à la rhodamine-WT (Contrat AEL/Vale-NC n° 20233 ; Figure 2) ; la couche affectée par l'effluent n'étant que d'environ 5 m d'épaisseur alors qu'elle dépasse amplement les 10 m par courants faibles (marées de morte-eau).

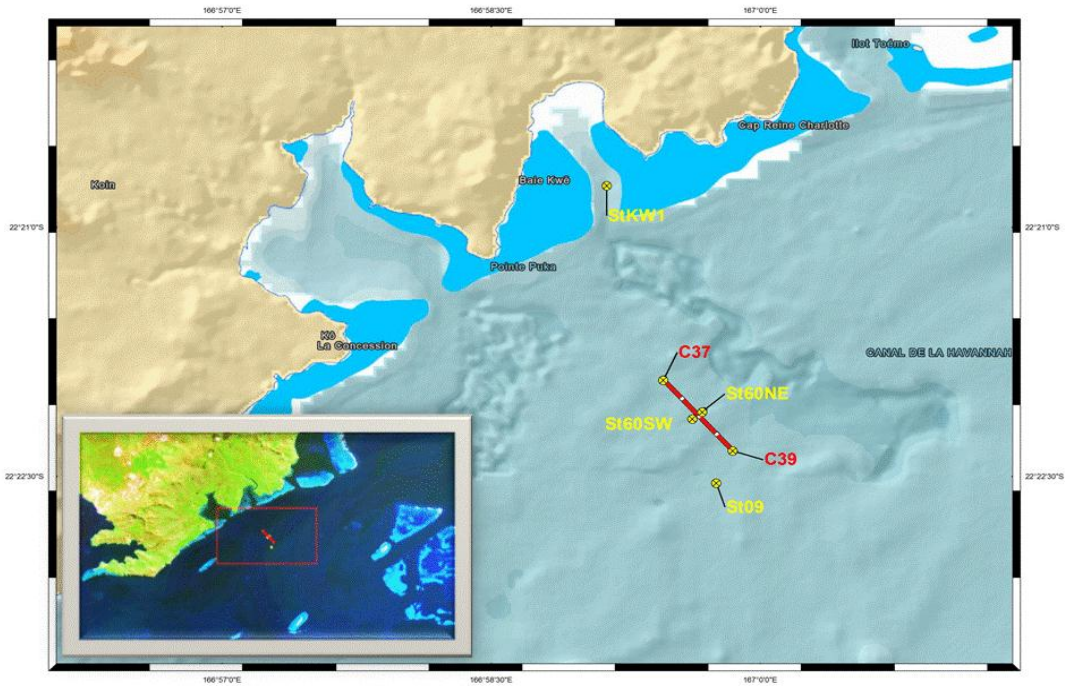


Figure 1: Aire d'étude pour le suivi des flux verticaux de particules issues du process de production de l'usine et des activités d'excavation de mine de Vale-NC. Le trait rouge représente le diffuseur, de part et d'autre figurent les deux stations St60-SW et St60-NE localisées à 60m du rejet. En Baie Kwé le piège à sédiments a été mouillé à la station St06-KW1. La station St09 appartient au réseau semestriel de surveillance physico-chimique de la colonne d'eau.

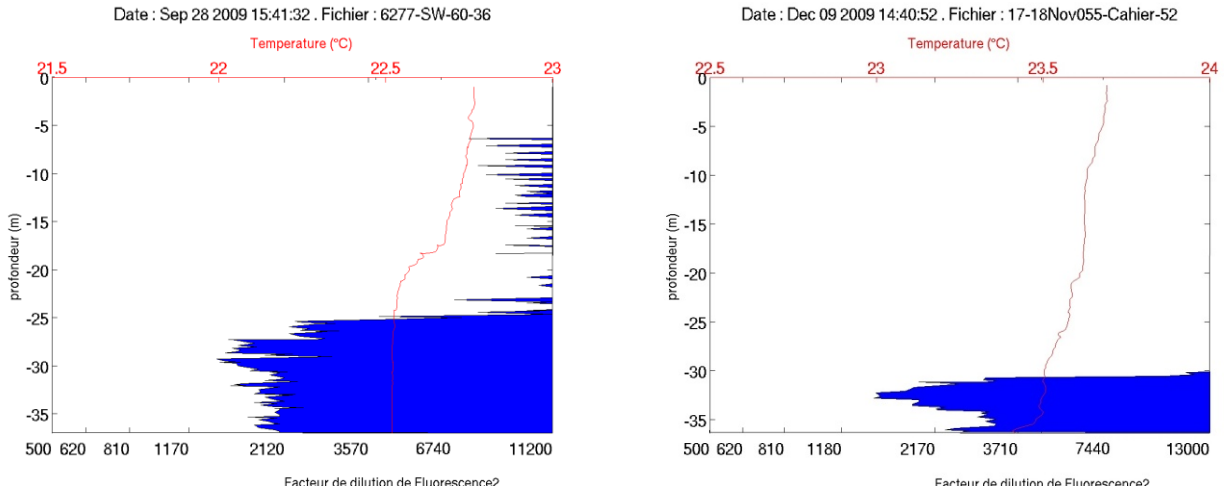


Figure 2 : Puissance type de l'épaisseur de marquage par l'effluent (rhodamine-WT) pour des conditions courantologiques de mi-marées de morte-eau (gauche) et de vive-eau (droite) au niveau de la station St60-SW.

3.2 ECHANTILLONNAGE

Les lignes de mouillage étaient dotées de pièges à sédiments de type séquentiel (Technicap, type PPS4/3) d'une section efficace de 0,050 m² et équipés de carrousels de 12 godets pour permettre la collecte d'une série temporelle des particules sédimentées. Les lignes ont été immergées le 07 septembre 2012, puis récupérées le 14 novembre 2012.

La collecte des particules a été programmée pour débuter le 12 septembre 2012 à 00h00 avec un pas de temps par godet de 96 heures (4 jours) ; elle s'est terminée le 30 octobre à 00h00. Au total 12 échantillons de matériel particulaire ont été prélevés pour chacun des trois sites d'immersion (Tableau 2).

Tableau 2 : Liste des échantillons collectés aux stations de mouillage des pièges à sédiments (St60-SW, StSt60-NE et St06-KW1) et périodes de collecte entre septembre et octobre 2012.

STATION	PERIODE DE COLLECTE	STATION	PERIODE DE COLLECTE	STATION	PERIODE DE COLLECTE
KW1-1	12-15 septembre	SW-1	12-15 septembre	NE-1	12-15 septembre
KW1-2	16-19 septembre	SW-2	16-19 septembre	NE-2	16-19 septembre
KW1-3	20-23 septembre	SW-3	20-23 septembre	NE-3	20-23 septembre
KW1-4	24-27 septembre	SW-4	24-27 septembre	NE-4	24-27 septembre
KW1-5	28 septembre-2 octobre	SW-5	28 septembre-2 octobre	NE-5	28 septembre-2 octobre
KW1-6	2-5 octobre	SW-6	2-5 octobre	NE-6	2-5 octobre
KW1-7	6-9 octobre	SW-7	6-9 octobre	NE-7	6-9 octobre
KW1-8	10-13 octobre	SW-8	10-13 octobre	NE-8	10-13 octobre
KW1-9	14-17 octobre	SW-9	14-17 octobre	NE-9	14-17 octobre
KW1-10	18-21 octobre	SW-10	18-21 octobre	NE-10	18-21 octobre
KW1-11	22-25 octobre	SW-11	22-25 octobre	NE-11	22-25 octobre
KW1-12	26-29 octobre	SW-12	26-29 octobre	NE-12	26-29 octobre

Dès le retour des pièges à bord de l'embarcation, les échantillons de MES (matière en suspension) conservés dans les godets des carrousels, ont été placés au frais (4°C) jusqu'à la phase de leur traitement au laboratoire.

3.3 PARAMETRES PHYSIQUES, GEOCHIMIQUES ET ANALYSES

Les méthodes de traitement et d'analyses sont décrites en Annexe 1.

4 RESULTATS

4.1 PARAMETRE METEOROLOGIQUES

Les valeurs des paramètres météorologiques sont regroupées en Annexe 2.

Les paramètres météorologiques (pluie journalière-RR-, vitesse –FXI- et direction –DXI- du vent maximum moyen) sont donnés par la station météorologique dite de l' « Usine Vale » qui fournit approximativement les conditions de pluie sur l'ensemble des bassins versants de la Kwé. Par ailleurs, cette station ne reflète pas exactement les régimes de vents le long de la côte sud de la Grande Terre en raison des effets de relief. D'ordinaire, ces deux derniers paramètres sont explicités par la station météorologique d'AEL installée sur la balise du récif Ioro. Toutefois, en raison d'une panne, la station AEL n'a pu enregistrer les paramètres météorologiques pour cette campagne de mouillage des pièges. Les interprétations sont donc basées sur la seule station de l'« Usine » de Vale-NC.

4.1.1 Précipitations atmosphériques (station « Usine Vale »)

La période du 12 septembre au 29 octobre a été marquée par deux épisodes pluvieux réellement significatifs (pluies>40 mm/j) qui ont été enregistrés le 18 septembre (105,2 mm) et le 15 octobre 2012 (45,0 mm ; Figure 3).

En dehors de ces deux épisodes, les précipitations ont été peu abondantes et éparses (pluies<15 mm) avec en particulier d'importantes périodes sèches entre le 21 septembre et le 13 octobre puis entre le 17 et le 22 octobre. Les précipitations totales ont été de 278,5 mm répartis sur 25 jours.

4.1.2 Direction du vent (station « Usine Vale »

Durant toute la période de mouillage des pièges à sédiments, aucune rotation majeure des vents ne s'est produite (Figure 3). En effet, les « *directions des vents moyens journaliers* » enregistrés (DD) ont soufflé majoritairement du secteur E-SE, avec quelques courtes oscillations vers les secteurs E, W, voire N. Dans le détail, il a été enregistré les 7 épisodes suivants :

- 12-23 septembre : les vents ont soufflé du secteur E-SE et une seule journée (15/09) a été marquée par des vents d'E revenant le lendemain au S-SE ;
- 24-29 septembre : le vent a soufflé principalement du secteur S, s'orientant les 26 et 28 septembre à l'W-SW ;
- 30 septembre-08 octobre : les vents se sont maintenus dans un large secteur SE ;
- 09-13 octobre : une courte instabilité atmosphérique a eu pour conséquence des oscillations successives faisant passer les vents du N au SW puis au S ;
- 14-22 octobre : un régime stable de S-SE s'est mis en place et a marqué cette période ;
- 23-26 octobre : apparition d'un nouvel épisode orienté S à SW ;
- 27-29 octobre : début d'un nouveau régime de SE.

4.1.3 Vitesse du vent (station « Usine Vale »

Pour la campagne, la « *vitesse des vents moyens journaliers* » (FF) a été de 11,9 ±2,4 m/s (Figure 3). Cette valeur qui est normale pour un début de « saison des alizés », est cependant comparable à celles mesurées pendant les deux premières campagnes de juillet-août 2011 (11,3 ±3,2 m/s) et de janvier-février 2012 (12,0 ±2,4 m/s). Les valeurs extrêmes ont été enregistrées le 23 octobre pour la minimale (7,7 m/s) et le 19 septembre pour la maximale (21,2 m/s).

Hormis ces valeurs, les vents se sont maintenus entre 8 et 12 m/s, seuls 5 épisodes de (19 septembre, 03, 13, 16 et 24 octobre) ont dépassé cette fourchette ; exception faite d'un courant du S-SW du 23-26 octobre, tous ces dépassements coïncident avec les 3 régimes d'alizés identifiés.

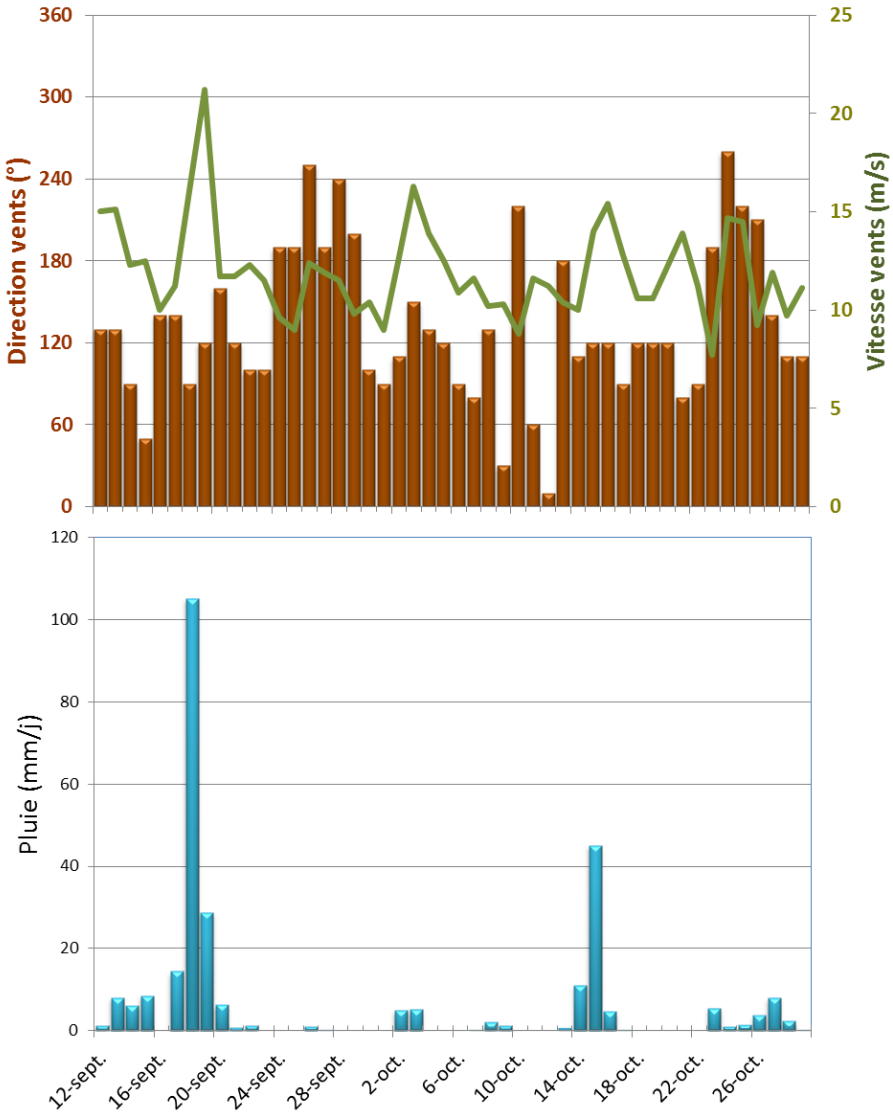


Figure 3 : Enregistrement des « *taux de précipitations journaliers (RR)* » en (mm/j), « *direction des vents moyens journaliers (DD)* » en (°) et « *vitesse des vents moyens journaliers (FF)* » en (m/s), à la station météorologique de l' « usine » de Vale-NC pour la période du 12 septembre au 29 octobre 2012.

CE QU'IL FAUT RETENIR

La période a été marquée par un épisode pluvieux important (105,2 mm) le 18 septembre, précédant le régime de secteurs SE du 19 septembre. Un deuxième épisode pluvieux, mais d'intensité moindre a affecté la zone le 15 octobre (45 mm).

Deux périodes de vents de secteur S ont été enregistrées du 24 au 29 septembre et du 23 au 26 octobre. Le reste du temps est caractérisé par des vents de dominante E-SE et l'installation d'alizés rapides temporairement.

4.2 CARACTERISATION DES MATIERES EN SUSPENSION

Les résultats d'analyses et mesures sont regroupés en Annexe 3.

Les résultats concernent les masses collectées, la granulométrie des populations de grains, la composition minéralogique, les teneurs en carbonates et les observations de MES au microscope optique.

4.2.1 Baie Kwé (station St06-KW1)

4.2.1.1 Masses collectées

Les masses collectées montrent des valeurs évolutives dans le temps (Figure 4) puisqu'elles se distribuent entre 3,00 g (24-27 septembre ; KW1-4) et 11,82 g (14-17 octobre ; KW1-9). La masse collectée dépasse les 8,00 g pour le godet KW1-6, pour les 9 autres les valeurs sont inférieures ou égales à environ 6,00 g (godet KW1-2).

Les fractions grossières (Ø> 40 µm) sont quantitativement plus importantes dans les godets KW1-6 (3,07 g ; 02-05 octobre) et KW1-09 (2,99 g ; 14-17 octobre), les minimales étant observées pour les godets KW1-1 et KW1-4 avec 0,95 et 0,97 g, respectivement. Proportionnellement, la masse de fraction grossière la plus importante a été collectée dans le godet KW1-3 (20-23 septembre) avec 56% et la plus faible (31%) dans le godet KW1-1 (12-15 septembre).

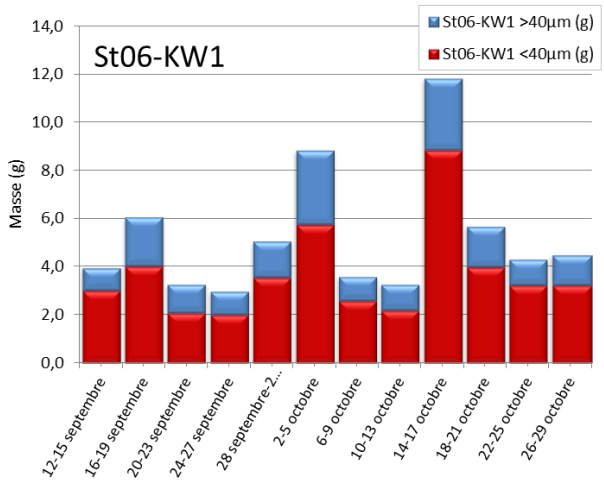


Figure 4 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 12 septembre au 29 octobre 2012 en Baie Kwé (St06-KW1). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm).

Pour cette troisième campagne, la masse minimale collectée (3,00 g) est du même ordre que celles des deux premières (juillet-août 2011 et janvier-février 2012) pour lesquelles les valeurs étaient de 1,00 g et 2,10 g,

respectivement. Pour les valeurs maximales, les deux campagnes antérieures ont montré des masses collectées équivalentes (23,70 g et 25,61 g, respectivement) alors que cette troisième série de prélèvements (septembre-octobre 2012) montre que seulement 11,82 g ont pu sédimenter.

4.2.1.2 Compositions granulométriques

Les matières en suspension collectées au niveau de la Baie Kwé sont très majoritairement composées de particules dont le mode se situe dans la classe 2-20 µm (argiles et silts fins) puisqu'elles représentent entre 41,8 et 58,5% du volume (Figure 5). Les silts moyens (20-40 µm) composent la deuxième population granulométrique, avec des valeurs comprises entre 19,2 et 26,7%. Les autres populations (silts grossiers et sables fins ; Ø>63 µm) ne représentent chacune que 5,9 à 13,8% environ des masses collectées, les particules de très petites tailles (argiles de la classe 0,02-2 µm) étant relativement constantes, leurs proportions demeurent de l'ordre de 10%.

Cette évolution est particulièrement visible entre les MES des godets KW1-2 (12-15 septembre) pauvres en particules fines (classes 0,02-2 µm et 2-20 µm) rapporté à la population générale plus grossière et KW1-11 (22-25 octobre) riche en matériel fins au détriment des fractions de forts diamètres (Ø>40 µm). Ces deux types de distributions correspondent respectivement, d'une part, à une période de vents faibles (6 m/s) à forts (18 m/s) de secteur SE accompagnés de fortes pluies (105,2 mm) et d'autre part, à une période de vents faibles (4 m/s) à moyens (14 m/s) de secteurs S passant au NW. Les deux autres prélèvements KW-6 (2-5 octobre) et KW-9 (14-17 octobre) sont composés de populations granulométriques intermédiaires correspondant à des conditions météorologiques de vents moyens (10 m/s) à faibles (< 6 m/s) de secteurs SE principalement.

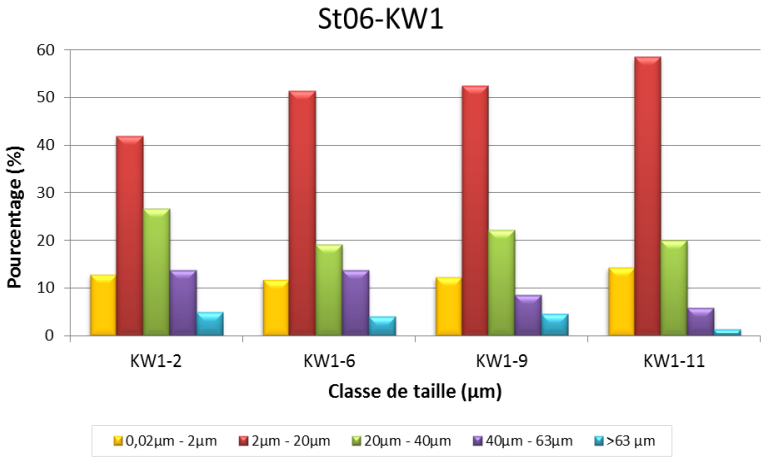


Figure 5 : Distribution granulométriques des populations de grains collectés en Baie Kwe (St06-KW1) par le piège à sédiments séquentiel, du 12 septembre au 29 octobre 2012.

4.2.1.3 Compositions minéralogiques

Les analyses réalisées par diffractométrie de rayons X (Tableau 3) montrent que les MES sont composées de minéraux comme la goethite qui est une signature minéralogique des formations latéritiques. La calcite, la calcite magnésienne (phase majoritaire) et l'aragonite mettent en évidence l'importante influence marine ; l'aragonite étant un des constituants des coquilles d'invertébrés.

La composition des particules demeure identique pour les trois campagnes réalisées : juillet-août 2011, janvier-février 2012 et septembre- octobre2012.

Comparativement aux deux premières campagnes (janvier-février 2011 et juillet-août 2012), la goethite est présente en très faibles proportions, quant à l'hématite, elle est indécelable pour les échantillons de cette troisième campagne.

Tableau 3 : Composition minéralogique des MES collectées en Baie Kwé (station (St06-KW1) par le piège à sédiments séquentiel, du 12 septembre au 29 octobre 2012.

ECHANTILLON	Calcite (Mg)	Calcite	Aragonite	Goethite	Autres
KW1- 2	M	m	m	m	-
KW1- 3	M	m	m	m	-
KW1- 9	M	m	m	m	-
KW1-12	M	m	m	m	-

M = composant majoritaire ; m = composant minoritaire ; t = composant trace

4.2.1.4 Teneurs en carbonates

En Baie Kwé, les MES collectées sont constituées d'une fraction carbonatée qui reste majoritaire puisque celle-ci oscille entre 61,4 et 71,9 % (Figure 6). La composition d'un godet à l'autre est très constantes (%CO3 = 67,7 ±3,2).

Cette teneur moyenne est très proche de celle mesurée pour la période de juillet-août 2011 (69,3 ±3,6 %) ; ces valeurs étant bien inférieures à celle obtenu pour la campagne de janvier-février 2012 (79,7 ±2,6).

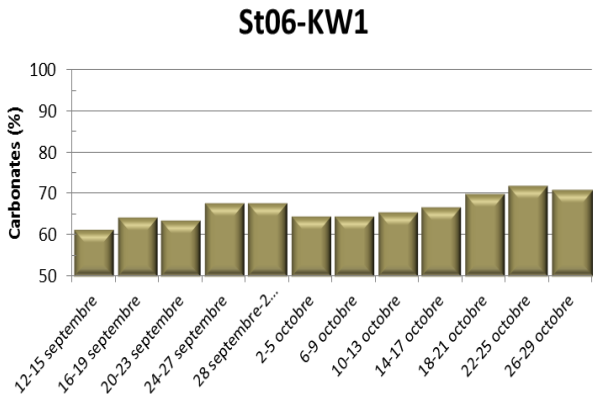


Figure 6 : Teneurs en carbonates dans les particules collectées par les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 12 septembre au 29 octobre 2012 en Baie Kwé (St06-KW1).

4.2.2 Canal de la Havannah (station St60-NE)

Note : *La quantité de matière particulaire collectée dans les 10 godets notés NE60-1 à NE60-10 a été faible (m < 1,38 g). De plus, la fraction fine (Ø<40µm) ne représentant qu'au maximum 0,55 g (NE60-10), les déterminations des compositions minéralogiques et des teneurs en carbonates n'ont pu être réalisées. Seules, les analyses en métaux et les granulométries ont été conduites sur ces 10 échantillons.*

4.2.2.1 Masses collectées

A la station St60-NE (Figure 7), la masse des échantillons étudiés se répartit sur une très grande échelle. En effet, les quantités minimale et maximale sont respectivement de 0,02 g (NE60-4 ; 24-27 septembre) à 3,55 g (NE60-11 ; 22-25 octobre). Par ailleurs, exception faite des godets NE60-02 (1,31 g) et NE60-9 (0,68 g), les masses collectées entre le 12 septembre et le 17 octobre ne dépassent pas les 0,27 g (NE60-1 ; 12-15 septembre). Seules les trois dernières périodes de collecte (18 au 29 octobre) ont permis de piéger entre 1,38 g (NE60-10) et 3,55 g (NE60-11).

Les fractions grossières (Ø> 40 µm) sont quantitativement plus importantes dans le godet NE60-11 (1,90 g ; 22-25 octobre). Paradoxalement, le godet NE60-2 contient autant de fraction grossière (0,88 g) que les godets NE60-10 et NE60-12 malgré des masses sédimentées bien supérieures pour ces deux derniers. Pour les huit autres godets, la valeur maximale a été de 0,49 g (NE60-9 : 14-17 octobre), la minimale de 0,01 g (NE60-4 ; 24-27 septembre). La plus forte proportion de fraction grossière a été mesurée dans le godet NE60-3 (56%) ; d'une manière générale les

fortes proportions semblent correspondre avec les périodes de très faible piégeage du début d'étude. Toutefois, la faiblesse des quantités mesurées augmentent les incertitudes et ne permettent pas d'être totalement affirmatif.

La série temporelle de piégeage de la station St60-NE est tout à fait similaire à celle mesurée à la station St60-SW dont les valeurs minimale et maximale sont : 0,07 g (SW60-5) et 3,84 g (SW60-10).

En termes de variabilité interannuelle, la comparaison ne peut être faite avec la campagne de juillet-août 2011 en raison de la perte de la ligne de mouillage. En revanche, les valeurs peuvent être rapportées à celles de la saison chaude qui sont bien supérieures (0,26-5,39 g ; janvier-février 2012).

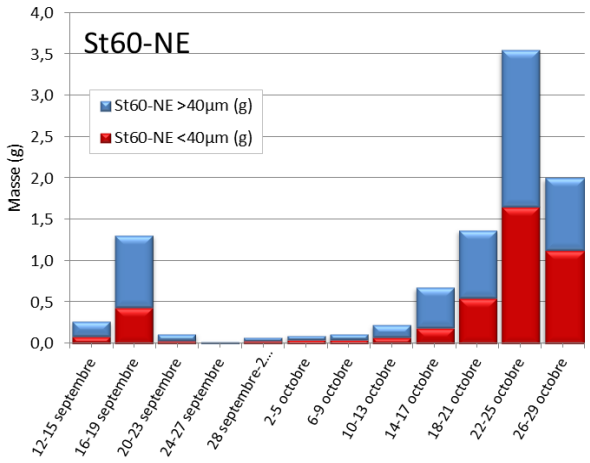


Figure 7 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 12 septembre au 29 octobre 2012 dans le Canal de la Havannah, au nord-est du diffuseur (St60-NE). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm)

4.2.2.2 Compositions granulométriques

L'ensemble des conditions hydro-climatiques de cette mission n'a permis de collecter des MES en quantités suffisantes que dans 3 godets ; un seul a été retenu pour étudier la composition granulométrique : NE60-11.

La distribution des populations granulométriques des MES (NE60-11) montre la présence d'importantes populations de particules d'un diamètre supérieur à 63 µm (Figure 8) ; la présence de ces populations coïncide avec des régimes météorologiques orientés SW à NW. En effet, dans ces conditions, les eaux, pauvres en particules terrigènes, sont chargées de tests de micro-organismes planctoniques qui sédimentent.

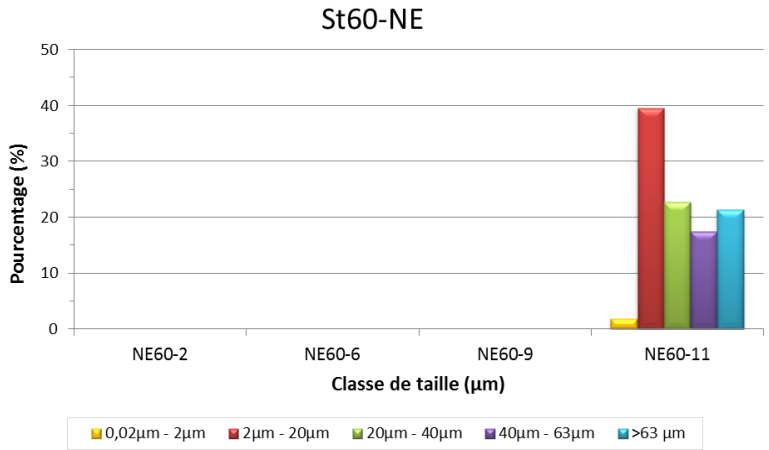


Figure 8 : Distribution granulométriques des populations de grains collectés dans le Canal de la Havannah (St60-NE) par le piège à sédiments séquentiel, du 12 septembre au 29 octobre 2012 ; l'analyse des MES des godets NE60-2, NE60-6 et NE60-9 n'a pu être réalisée par manque de matière.

4.2.2.3 Compositions minéralogiques

Comme pour la station jumelle St60-SW, les analyses réalisées (Tableau 4) montrent que les MES sont composés de minéraux comme la calcite, la calcite magnésienne et l'aragonite. Ici, aussi, ces minéraux mettent en évidence la dominance quasi-totale de l'influence marine, l'aragonite en particulier, étant un des constituants des coquilles d'invertébrés. La goethite, marqueur des apports terrigènes issus des formations latéritiques n'est présente qu'à l'état de traces dans les quatre godets sélectionnés.

Tableau 4 : Composition minéralogique des MES collectées dans le Canal de la Havannah (station St60-NE) par le piège à sédiments séquentiel, du 12 septembre au 29 octobre 2012.

ECHANTILLON	Calcite (Mg)	Calcite	Aragonite	Goethite	Autres
NE60-2	M	m	m	t	-
NE60-10	M	m	m	t	-
NE60-11	M	m	m	t	-
NE60-12	M	m	m	t	-

M = composant majoritaire ; m = composant minoritaire ; t = composant trace

4.2.2.4 Teneurs en carbonates

Les teneurs en carbonates de ces deux échantillons de MES (Figure 9) sont relativement élevées : la valeur moyenne est de 85,1 ±1,4 %. Toutefois, ces teneur sont de l'ordre de grandeur exact de celles déjà observées pour la campagne précédente (84,3 ±4,9 % ; juillet-août 2012).

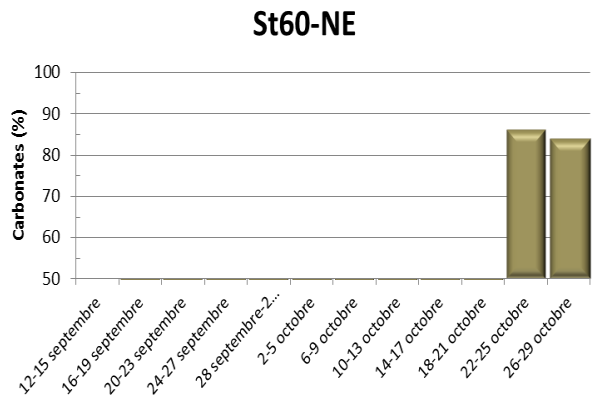


Figure 9 : Teneurs en carbonates dans les particules collectées par les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 12 septembre au 29 octobre 2012 dans le Canal de la Havannah (St60-NE). Les échantillons NE60-1 à NE60-9 n'ont être analysés par manque de matière.

4.2.3 Canal de la Havannah (station St60-SW)

Note : *La quantité de matière particulaire collectée dans les 9 godets notés SW60-1 à SW60-9 a été faible (m < 0,95 g). De plus, la fraction fine (Ø<40µm) ne représentant qu'au maximum 0,39 g (SW60-2), les déterminations des compositions minéralogiques et des teneurs en carbonates n'ont pu être réalisées. Seules, les analyses en métaux et les granulométries ont été conduites sur ces 9 échantillons.*

4.2.3.1 Masses collectées

Comme sur la station jumelle St60-NE, en St60-SW (Figure 10), les échantillons étudiés montrent une très grande amplitude dans les masses sédimentées. En effet, les quantités minimale et maximale vont respectivement de

0,07 g (SW60-05 ; 28 septembre-01 octobre) à 3,84 g (SW60-10 ; 18-21 octobre). Par ailleurs, exception faite du godet SW60-02 (0,95 g ; 16-19 septembre), les masses collectées entre le 12 septembre et le 17 octobre ne dépassent pas les 0,37 g (SW60-9 ; 14-17 octobre). Seules les trois dernières périodes de collecte (18 au 29 octobre) ont permis de piéger entre 3,26 g (SW60-12) et 3,84g (SW60-10).

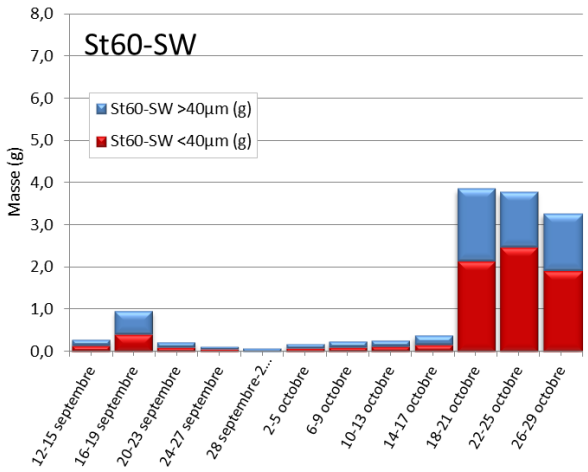


Figure 10 : Masses collectées dans les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 12 septembre au 29 octobre 2012 dans le Canal de la Havannah, au sud-ouest du diffuseur (St60-SW). Composition des matières en suspension (MES) : importance des fractions fines (< 40 µm) et fractions grossières (> 40 µm).

Les fractions grossières (Ø> 40 µm) sont quantitativement plus importantes dans le godet SW60-10 (1,70 g ; 18-21 octobre) et environ du même ordre pour les deux derniers prélèvements de l'étude. Pour les neuf godets antérieurs, la valeur maximale a été de 0,56 g (SW60-2 : 16-19 septembre), la minimale de 0,06 g (SW60-4 ; 24-27 septembre). En termes de proportions, les masses de fraction grossière les plus importantes semblent correspondre avec les périodes de très faible piégeage du début d'étude. Toutefois, la faiblesse des quantités mesurées augmentent les incertitudes et ne permettent pas d'être totalement affirmatif.

La série temporelle de piégeage de la station St60-SW est remarquablement similaire à celle mesurée à la station St60-NE dont les valeurs minimale et maximale sont : 0,02 g (NE60-4) et 3,55 g (NE60-11).

En termes de variabilité interannuelle, les quantités collectées sont très proches de celles de la campagne de la saison fraiche antérieure (0,03-2,29 g ; juillet-août 2011), mais bien inférieures à celles obtenues pour la saison chaude (0,17-6,67 g ; janvier-février 2012).

4.2.3.2 Compositions granulométriques

Comme pour la station jumelle St60-NE, les conditions hydro-climatiques de cette mission n'ont pas été favorables pour collecter des MES en quantités suffisantes ; des 3 godets exploitables, un seul (SW60-11) a été retenu pour étudier la composition granulométrique.

La distribution des populations granulométriques des MES (SW60-11) montre la présence d'importantes populations de particules d'un diamètre supérieur à 63 µm, conformément aux observations déjà réalisées pour la campagne de juillet-août 2011 (Figure 11) ; la présence de ces populations coïncide avec des régimes météorologiques d'un large secteur SW à NW. En effet, dans ces conditions, les eaux, pauvres en particules terrigènes, sont chargées de tests de micro-organismes planctoniques qui sédimentent. La distribution des populations de grains est quasiment identique à celle observée à la station St60-NE (Figure 8 et Figure 11).

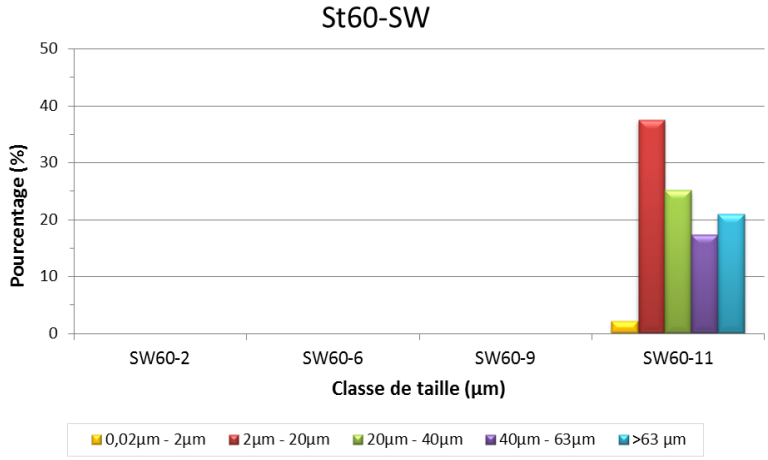


Figure 11 : Distribution granulométriques des populations de grains collectés dans le Canal de la Havannah (St60-SW) par le piège à sédiments séquentiel du 12 septembre au 29 octobre 2012 ; l'analyse des MES des godets SW60-2, SW60-6 et SW60-9 n'a pu être réalisée par manque de matière.

4.2.3.3 Compositions minéralogiques

Les analyses réalisées (Tableau 5) montrent que les MES sont composés de minéraux comme la calcite, la calcite magnésienne et l'aragonite. Ces minéraux mettent en évidence la dominance quasi-totale de l'influence marine, l'aragonite en particulier, étant un des constituants des coquilles des invertébrés. La goethite, marqueur des apports terrigènes issus des formations latéritiques est présente dans les trois godets SW-10, SW-11 et SW-12.

Tableau 5 : Composition minéralogique des MES collectées dans le Canal de la Havannah (station St60-SW) par le piège à sédiments séquentiel, du 12 septembre au 29 octobre 2012.

ECHANTILLON	Calcite (Mg)	Calcite	Aragonite	Goethite	Autres
SW60-10	M	m	m	t	-
SW60-11	M	m	m	t	-
SW60-12	M	m	m	t	-

M = composant majoritaire ; **m** = composant minoritaire ; **t** composant à l'état de traces

On notera que les minéraux terrigènes, comme la goethite, sont estimés être en plus grande quantité dans les particules collectées en « saison chaude » qu'en « saison fraiche » (juillet 2011). Les minéraux terrigènes, comme la goethite, sont en quantité équivalentes au niveau des deux stations du Canal.

4.2.3.4 Teneurs en carbonates

Les teneurs en carbonates des trois échantillons de MES (Figure 12) sont relativement élevées, mais la moyenne de 82,7 ±2,4 % est sensiblement plus faibles que celles des campagnes précédentes : 91,0 ±3,0% pour juillet-août 2011 et 89,7 ±7,5 % pour janvier-février 2012. Globalement, ces valeurs sont proches de celles observées en 2007 (93,5 % ; Convention IRD/Goro-Ni, n°1230).

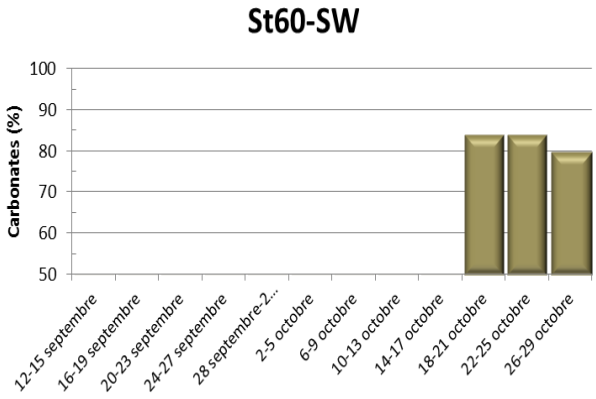


Figure 12 : Teneurs en carbonates dans les particules collectées par les 12 godets du piège séquentiel mouillé du 12 septembre au 29 octobre 2012 dans le Canal de la Havannah (St60-SW).

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les fortes précipitations atmosphériques du 18 septembre (105,2 mm) n'ont que très légèrement modifié les flux verticaux des particules au niveau de la Baie Kwé. Dans le Canal de la Havannah, une augmentation du flux est perceptible avec cependant une proportion de fraction grossière (Ø>40µm) souvent attribuable à la décantation de tests de micro-organismes planctoniques.

Durant le deuxième épisode pluvieux du 15 octobre (45 mm), le flux de particules est resté très faible dans le Canal alors qu'une augmentation conséquente a été enregistrée pour la station de la baie (St06-KW1, godet KW1-9).

En termes de masse collectée, par rapport aux deux premières campagnes (juillet-août 2011 et janvier-février 2012), la masse minimale collectée en St06-KW1 a triplé (3,00 g) alors que la maximale a été divisée par deux (11,82 g). A la station St60-SW, les masses minimales et maximales sont similaires en variation interannuelle (2011 et 2012), respectivement : 0,03-2,29 g pour juillet-août et 0,02-3,55 g pour septembre-octobre 2012. Pour la station St60-NE, la comparaison ne peut être faite en raison de la perte de la ligne de mouillage en juillet-août 2011.

Les masses collectées à station St60-NE (0,02-3,55 g) sont similaires à celles mesurées à la station St60-SW (0,07-3,84 g, mais les valeurs restent bien inférieures à celles de la saison chaude (0,22 ±0,06 et 6,03 ±0,91).

Pour la Baie Kwé, la concentration moyenne en carbonates (67,7 ±3,2%) est très similaire à celles de la campagne précédente de juillet-août 2011 (69,3 ±3,6 %). Au niveau du Canal, les teneurs en carbonates sont bien plus élevées qu'en Baie Kwé (86 % en moyenne) et en nette diminution par rapport à l'année précédente.

D'une manière générale, les MES collectées dans la Baie Kwé ont une granulométrie plus fine que dans le Canal ; 20% des particules mesurent plus de 40 µm, contre 50 %, respectivement. Cette différence est particulièrement sensible pour les particules des classes argiles (0,02-2 µm) et silts fins (2-20 µm). La présence de particules de fort diamètre dans les MES du Canal traduit la sédimentation des tests de micro-organismes.

Les principaux minéraux sont : la calcite, la calcite magnésienne et l'aragonite pour le domaine marin et la goethite pour l'influence terrigène que l'on ne retrouve bien identifiée que dans la Baie Kwé.

4.3 COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MATIERES EN SUSPENSION

Les valeurs des concentrations en métaux totaux, calcium et soufre dans les MES collectées par les pièges à sédiment séquentiels sont regroupées en Annexe 4.

4.3.1 Baie Kwé (station St06-KW1)

Les éléments analysés dans les MES de la Baie Kwé ont permis de mettre évidence les influences respectives des apports terrigènes (Co, Cr, Fe, Mn, et Ni) et marins (Ca). Pour tous les éléments analysés, les concentrations obtenues peuvent montrer un écart maximum de l'ordre de 30-35 % (Tableau 6), sauf pour le calcium (10%).

Dun point de vu de la série temporelle, une tendance générale à la décroissance est observée entre le premier godet (12-15 septembre) et le dernier 26-29 octobre), pour tous les métaux excepté pour le calcium qui suit une évolution inverse ; cette distribution souligne la recrudescence des apports marins en fin de période d'étude.

Les niveaux de concentrations sont tous, relativement similaires à ceux de la campagne de la saison chaude précédente de janvier-février 2012, mais en augmentation sensible par rapport à la campagne de juillet-août 2011 (Contrat Vale-NC/AEL, n°2684).

Les résultats montrent également une augmentation notable par rapport à l'Etat de Référence défini en 2007 (Contrat ŒIL/AEL, n°110328-OE-03, 2012).

Tableau 6 : Concentrations moyennes, écart-types et valeurs extrêmes des concentrations en métaux et calcium dans les MES collectées en Baie Kwé entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012 (Station St06-KW1 ; n=12).

	ELEMENT ANALYSE (mg/kg)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
MIN	248 829	84	3 031	93 391	688	1 557
MAX	275 216	129	4 615	129 942	986	2 226
MOYENNE	264 386	106	3 874	111 616	840	1 829
ECART-TYPE	8 238	15	546	11 753	95	201
% RSD	3	14	14	11	11	11

Comme attendu, la matrice de corrélation met en évidence une grande similarité (seuil de 0,95) de l'évolution des concentrations massiques inter-éléments pour Co, Cr, Fe et Mn (Tableau 7) ; l'évolution des concentrations en Ni montrent un niveau de similarité moindre, comparativement aux résultats obtenus en janvier-février 2012. Toutefois, cette similarité globalement satisfaisante souligne que ces éléments métalliques appartiennent au cortège des formations latéritiques.

Les concentrations en calcium évoluent peu dans le temps et la matrice de corrélation montre qu'il n'existe aucun lien entre celui-ci et les 5 métaux latéritiques (Tableau 7).

Quant à la normalisation des concentrations du calcium par le fer (Ca/Fe), celle-ci souligne de manière notable les évolutions distinctes des deux éléments qui sont les signatures des pôles marins et terrigènes, respectivement (Figure 13). Ainsi, dans les godets KW-1 (12-15 septembre), KW-2 (16-19 septembre) et dans une moindre mesure les godets KW-6 (2-5 octobre), KW-7 (6-9 octobre) et KW-8 (10-13 octobre), les ratios sont proches de 2. Cette valeur montre que l'influence marine décroît et coïncident avec une augmentation des flux, eux-mêmes en relation avec les deux épisodes pluvieux : cette relation n'est cependant pas clairement démontrée pour cette dernière campagne.

Pour les godets KW-5 (28 septembre-8 octobre), KW-10 (18-21 octobre), KW-11 (22-25 octobre) et KW-12 (26-29 octobre), en revanche les ratios Ca/Fe sont nettement supérieurs à 2,5 montrant ainsi un accroissement de l'influence marine. Cette augmentation correspond avec les deux périodes météorologiques constituées par des régimes S à SW fraichissant de 10 à 15 m/s.

Tableau 7 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium dans les MES collectées en Baie Kwé entre le 12 septembre et le29 octobre 2012.

	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Ca	**1**					
Co	-0,693	**1**				
Cr	-0,711	**0,958**	**1**			
Fe	-0,734	**0,994**	**0,967**	**1**		
Mn	-0,740	**0,969**	**0,967**	**0,982**	**1**	
Ni	-0,695	0,826	0,808	0,837	0,788	**1**

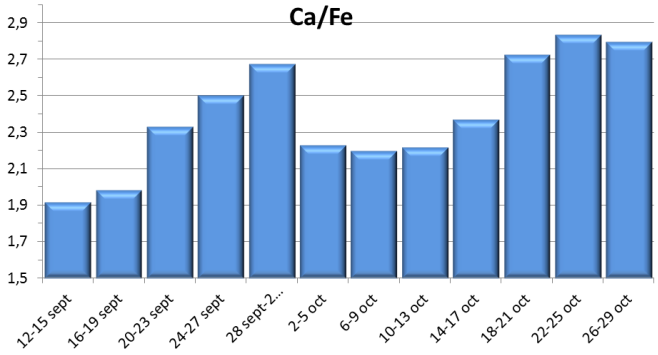


Figure 13 : Normalisation des concentrations en calcium par le fer pour les MES collectées en Baie Kwé (St06-KW1) entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012.

Remarque : *globalement, compte tenu de la constance des concentrations en calcium dans le milieu marin (Tableau 6), les ratios Ca/Fe montrent que l'influence terrigène à la station St60-KW1 semble équivalente à celle de la campagne de janvier-février 2012 (saison chaude) avec respectivement des valeurs de 2,40 ±0,31 et 2,32 ±0,18. Toutefois, ces ratios sont tous en net recul par rapport à la première campagne (3,17 ±0,50 ; juillet-août 2011) et en particulier à l'estimation obtenue en 2007 (4,21) pour la définition de l'Etat de Référence de la Baie (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230).*

4.3.2 Canal de la Havannah (station St60-NE)

Note : *La quantité de matière particulaire collectée a été très faible dans 8 godets sur 12. Les analyses géochimiques (métaux et calcium) n'ont donc pu être réalisées que sur les prélèvements NE-2, NE-10, NE-11 et NE-12 pour lesquels la proportion de fraction fine (Ø<40µm) disponible a été au minimum de 0,40g. Pour le soufre, seuls les échantillons NE-11 et NE-12 ont pu être traités.*

4.3.2.1 Concentration en métaux et calcium

Les éléments analysés dans les MES collectées à l'est du diffuseur (St60-NE) ont logiquement permis de mettre en évidence une influence marine très marquée (Ca). Toutefois comme à l'accoutumé, les apports terrigènes (Co, Cr,

Fe, Mn, et Ni) sont décelables, mais à niveaux de concentrations respectifs bien moindres que dans les MES de la Baie Kwé.

Contrairement aux résultats de la saison chaude (janvier-février 2012), les concentrations obtenues pour la station St60-NE montrent des variations temporelles plus importantes (4<RSD%<26 ; Tableau 8) qu'en Baie Kwé (Tableau 6 ; 3<RSD%<14).

Bien qu'en baisse sensible, les résultats moyens présentés sont du même ordre de grandeur que ceux de la campagne précédente réalisée en « saison chaude » (janvier-février 2012) et comparables à ceux définis pour l'Etat de Référence (Contrat ŒIL/AEL, n°110328-OE-03, 2012).

Aucune comparaison ne peut être établie avec la campagne de la saison fraiche précédente (juillet-août 2011) en raison de la perte du piège à sédiment pendant la période de mouillage.

Tableau 8 : Concentrations moyennes, écart-types et valeurs extrêmes des concentrations en métaux et calcium dans les MES collectées dans le Canal de la Havannah entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012 (Station St60-NE ; n=4).

	ELEMENT ANALYSE (mg/kg)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
MIN	331 397	22	535	16 280	142	255
MAX	373 441	33	591	19 679	257	410
MOYENNE	345 918	29	566	18 347	189	344
ECART-TYPE	19 677	5	23	1 641	49	68
% RSD	6	18	4	9	26	20

La matrice de corrélation (Tableau 9) ne permet de dégager que 3 similarités de comportement, mais le nombre d'observations étant trop restreint (n=4), aucune interprétation robuste ne peut raisonnablement être produite.

Cependant, il doit être rappelé qu'une seule corrélation significative au seuil de similarité de 0,95 avait mise en évidence pour la campagne de janvier-février 2012. Cette statistique démontre donc que l'influence des apports terrigènes n'est pas prépondérante dans ce secteur du Canal de la Havannah (station St60-NE).

Tableau 9 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium dans les MES collectées dans le Canal de la Havannah entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012 (Station St60-NE; n= 4).

	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Ca	**1**					
Co	-0,834	**1**				
Cr	0,056	0,358	**1**			
Fe	-0,690	**0,974**	0,523	**1**		
Mn	-0,699	0,804	0,656	0,799	**1**	
Ni	-0,693	**0,965**	0,364	**0,977**	0,667	**1**

La normalisation des concentrations du calcium par le fer pour les 4 prélèvements analysés oscille entre 16,9 et 22,9 et montre, contrairement à la campagne de la « saison chaude » (janvier-février ; 11,0 < Ca/Fe < 19,5) que les apports terrigènes ont été plus constants avec une composante marine très marquée pendant la saison fraiche.

4.3.2.2 Teneurs en soufre

La concentration moyenne en soufre pour les échantillons NE-11 et NE-12 est de 3000 ±131 mg/kg. Cette valeur montre que l'élément ne varie pas en fonction des conditions hydro-climatiques régnantes dans le Canal de la

Havannah (Figure 14). Elle est par ailleurs très similaire aux résultats obtenus antérieurement. Toutefois, le nombre très insuffisant de prélèvements traités (n=2) ne permet pas d'être vraiment affirmatif.

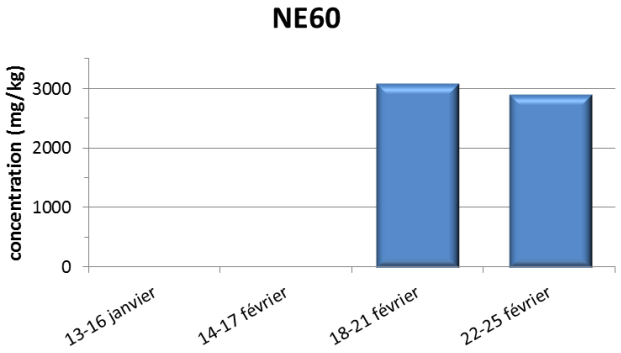


Figure 14 : Concentration du soufre dans les 4 godets correspondant aux événements météorologiques marquants enregistrés entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012 dans le Canal de la Havannah (St60-NE).

4.3.3 Canal de la Havannah (station St60-SW)

Note : *La quantité de matière particulaire collectée a été très faible dans 8 godets sur 12. Les analyses géochimiques (métaux et calcium) n'ont donc pu être réalisées que sur les prélèvements SW-2, SW-10, SW-11 et SW-12 pour lesquels la proportion de fraction fine (Ø<40µm) disponible a été au minimum de 0,40g. Pour le soufre, seuls les échantillons SW-2, SW-10 et SW-12 ont pu être traités.*

4.3.3.1 Concentration en métaux et calcium

Comme pour la station St60-NE, les éléments analysés dans les MES collectées au sud-ouest du diffuseur (St60-SW) ont logiquement permis de mettre évidence principalement l'influence marine (Ca) et une composante terrigène affaiblie (Co, Cr, Fe, Mn, et Ni). Bien qu'incomplètes, les séries de résultats relatives aux stations St60-SW et St60-NE sont très proches.

En effet, les apports terrigènes sont encore décelables bien que beaucoup moins exprimés que dans la Baie Kwé. Globalement, la variabilité des résultats est comparable à celle observée à la station St60-NE (Tableau 8 et Tableau 10), toutes les deux étant plus faibles que celles mesurées en saison chaude (janvier-février).

Comme pour la station St60-NE, les variations à la station St60-SW sont plus importantes (1<RSD%<29 ; Tableau 10) qu'en Baie Kwé (Tableau 6 ; 3<RSD%<14) mais permettent de déceler toutefois une évolution temporelle des apports.

Globalement, les concentrations mesurées se situent dans l'ordre de grandeur des résultats de 2007 (Contrat ŒIL/AEL, n°110328-OE-03, 2012) avec une légère augmentation n'atteignant pas un facteur 1,5. Toutefois, pour cette même station St60-SW, en saison fraiche la valeur moyenne en Co relevée est 2,5 fois plus élevée.

Si les teneurs sont comparables à celles de la station jumelle St60-NE, en revanche, la matrice de corrélation ne met en évidence aucune similarité de comportement (seuil de 0,95 ; Tableau 11). Seuls, le cobalt, le manganèse et le nickel montrent une très faible tendance commune (Tableau 11).

En termes d'évolution des influences marine et terrigène, la normalisation des concentrations du calcium par le fer n'a pu être envisagée que pour 3 échantillons en quantité suffisante. Cependant, ces valeurs soulignent la grande homogénéité dans la composition des masses d'eau lagonaires de cette station (15,6 < Ca/Fe < 18,3), comme pour sa station jumelle St60-NE.

Tableau 10 : Concentrations moyennes, écart-types et valeurs extrêmes des concentrations en métaux et calcium dans les MES collectées dans le Canal de la Havannah entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012 (Station St60-SW ; n=4).

	ELEMENT ANALYSE (mg/kg)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
MIN	324 982	17	547	17 810	162	306
MAX	329 551	37	637	20 772	208	411
MOYENNE	327 177	29	595	18 959	180	362
ECART-TYPE	2 202	8	43	1 296	20	43
% RSD	1	29	7	7	11	12

Tableau 11 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium dans les MES collectées dans le Canal de la Havannah entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012 (Station St60-SW ; n=4).

	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Ca	**1**					
Co	-0,119	**1**				
Cr	0,275	0,149	**1**			
Fe	-0,366	0,605	0,619	**1**		
Mn	0,485	0,523	0,384	0,299	**1**	
Ni	0,297	0,714	0,458	0,467	0,706	**1**

Note : *les évolutions relativement distinctes des stations St60-NE et St60-SW ont déjà fait l'objet d'observations du même type pour des campagnes antérieures, quelle que soit la saison étudiée. Il semble assez net que les influences terrigènes sont estompées au niveau de la station St60-SW par rapport à la station jumelle St60-NE.*

4.3.3.2 Teneurs en soufre

La concentration moyenne en soufre est de 3320 ±202 mg/kg. Cette valeur montre que l'élément ne varie pas en fonction des conditions hydro-climatiques régnantes dans le Canal de la Havannah (Figure 15). Elle est par ailleurs très similaire aux résultats obtenus antérieurement.

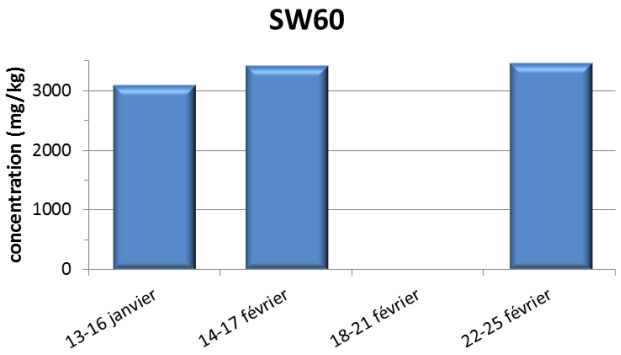


Figure 15 : Concentration du soufre dans les 4 godets correspondant aux événements météorologiques marquants enregistrés entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012 dans le Canal de la Havannah (St60-SW).

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les conditions hydro-climatiques influent sur la valeur des paramètres géochimiques analysés qui montrent des évolutions temporelles tant en Baie Kwé que dans le Canal de la Havannah : ces variations sont d'ordre qualitatif et quantitatif.

En Baie Kwé (St06-KW1) comme dans le Canal de la Havannah (St60-NE), les concentrations mesurées sont similaires à celles de la campagne précédente de janvier-février 2012 alors que les saisons sont différentes. Ces valeurs sont cependant supérieures à celles de la campagne de la saison fraiche précédente (juillet-août 2011) et montrent donc également une sensible augmentation par rapport aux résultats obtenus pour la définition de l'Etat de Référence réalisé en 2007.

Pour la station St60-SW, globalement, les concentrations mesurées se situent dans l'ordre de grandeur des résultats de 2007 avec, cependant une légère augmentation n'atteignant pas un facteur 1,5 ; pour Co cette augmentation est toutefois plus élevée (2,5 fois).

Les compositions en métaux traduisent clairement l'origine latéritique des particules dans la Baie Kwé, cette influence est amoindrie dans le Canal, en progressant vers l'ouest, de St60-NE à St60-SW.

5 INTERPRETATION

5.1 INFLUENCE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES

5.1.1 Baie Kwé,

En « saison fraiche » (campagne juillet-septembre 2011), le mouillage des pièges à sédiments avait conduit à établir un parallèle entre la quantité collectée, la distribution des populations granulométrique et l'action mécanique induite par certaines directions de vents. Des conditions météorologiques semblables ont été observées durant cette troisième campagne (septembre-octobre 2012). Elles ont donné lieu à une quantité importante de MES collectée (11,52 g le 14-17 octobre) dont la composition montre la présence d'une grande proportion de particules de fort diamètre. Ces particules ont été remises en suspension à la faveur d'un régime de SE à S de forte intensité (10 à 16 m/s ; Figure 16) accompagné d'un épisode pluvieux modéré (45 mm). La quantité mesurée est la plus élevée mesurée durant la période.

Par ordre décroissant, la deuxième masse la plus importante (8,83 g) correspond avec des conditions météorologiques identiques (2-5 octobre), mais sans précipitations atmosphériques.

Un épisode pluvieux plus conséquent (105,2 mm le 18 septembre), n'a eu que peu d'effet sur les flux de particules puisque seulement 6,06 g ont été collectés dans le piège. Malgré des vitesses maximales parfois élevées (21,2 m/s), le régime d'E à SE n'a pas permis de soulever un clapot suffisant pour produire une resuspension des particules sédimentées en raison probablement de sa courte durée.

En Baie Kwé (St06-KW1), il apparait donc que l'existence des couches turbides bien développées pendant la « saison fraiche » est clairement imputable à la remobilisation des particules. La contribution des précipitations atmosphériques, à travers le lessivage des sols, peut être réduite en fonction la force des vents et surtout de l'orientation de ceux-ci.

L'augmentation du rapport Ca/Fe, notamment entre le 22 et le 29 octobre (Figure 16) est en accord avec les hypothèses émises de prépondérance des fractions carbonatées pour des conditions de vents moyens ou forts (hormis les alizés) et orienté dans un large secteur SW à W.

Rappel : *les régimes à dominantes E, N et W ne favorisent pas la formation d'un clapot suffisant pour engendrer des remises en suspension des particules, en raison du relief environnant et de l'orientation de la baie ouverte vers le sud. De ce fait, seuls les régimes de secteur S et S-E forts (FIX > 10 m/s) permettent l'entrée dans la baie d'une houle capable de brasser les fonds et générer le remaniement des vases latéritiques. L'importance des fractions carbonatées augmente proportionnellement (ratio Ca/Fe), soit sous l'action des vents faibles particulièrement de secteurs E, N et W favorisant le déplacement des masses d'eau enrichies en tests de micro-organismes marins comme les foraminifères, soit par l'installation de régimes forts globalement de secteurs SE à S (FIX > 14 m/s) capables de mettre en suspension les particules plus grossières résultant de l'altération du platier.*

5.1.2 Canal de la Havannah

Pour les deux stations du Canal de la Havannah, hormis les 4 échantillons traités, les quantités collectées n'ont pas permis d'effectuer la totalité des analyses géochimiques programmées. Seules, les masses sédimentées ont pu être déterminées ; leurs répartitions temporelles respectives correspondent exactement aux mêmes périodes de temps pour les deux stations jumelles St60-NE et St60-SW (Figure 17). En effet, la première collecte coïncide avec l'épisode pluvieux du 18 septembre, les 3 autres aux régimes de vents faibles couvrant des secteurs NE-SE et SW-NW.

Si les deux stations réagissent logiquement de manière très similaire (Tableau 12), la station St60-SW montrerait que les apports sont maximums lorsque les vents soufflent d'un large secteur SW à NW. En dehors de ces conditions, les apports qui atteignent les stations de piégeage du Canal de la Havannah sont faibles à très faibles.

Tableau 12 : Concentrations moyennes et écart-types des éléments analysés dans les MES collectées dans les stations St60-NE (godets NE-2, NE-10, NE-11 et NE-12) et St60-SW (godets SW-2, SW-10, SW-11 et SW-12) entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012.

		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
St60-NE	**Moyenne**	345918	29	566	18347	189	344
	Ecart-type	19677	5	23	1641	49	68
St60-SW	**Moyenne**	327177	29	595	18959	180	362
	Ecart-type	2202	8	43	1296	20	43

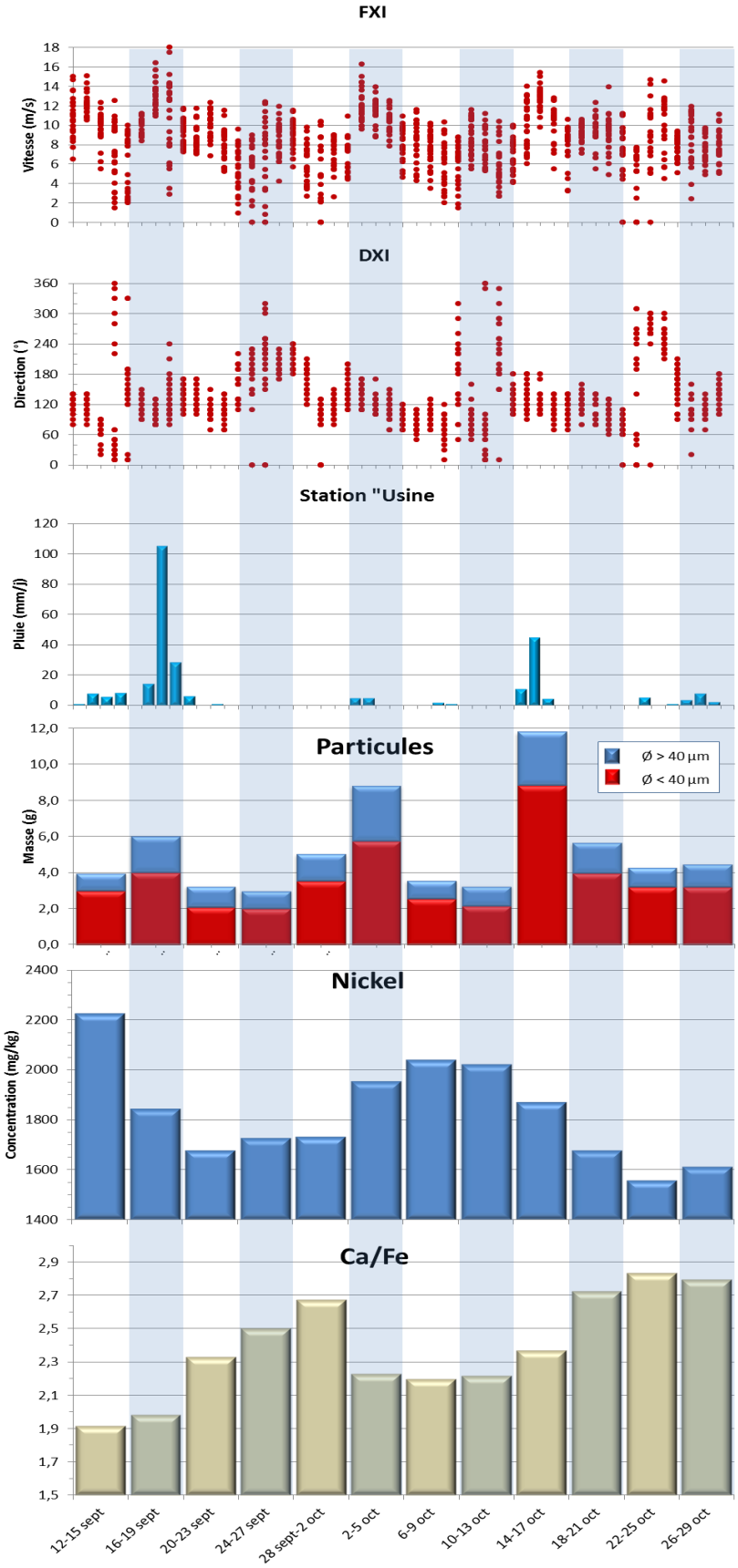


Figure 16 : Diagramme combiné : direction maximum des vents (DXI), vitesse maximum des vents instantanée (FXI), taux de précipitation, fractions inférieures et supérieures à 40 µm, concentration en nickel dans les MES et ratio Ca/Fe à la station St06-KW1 pour la période du 12 septembre au 29 octobre 2012.

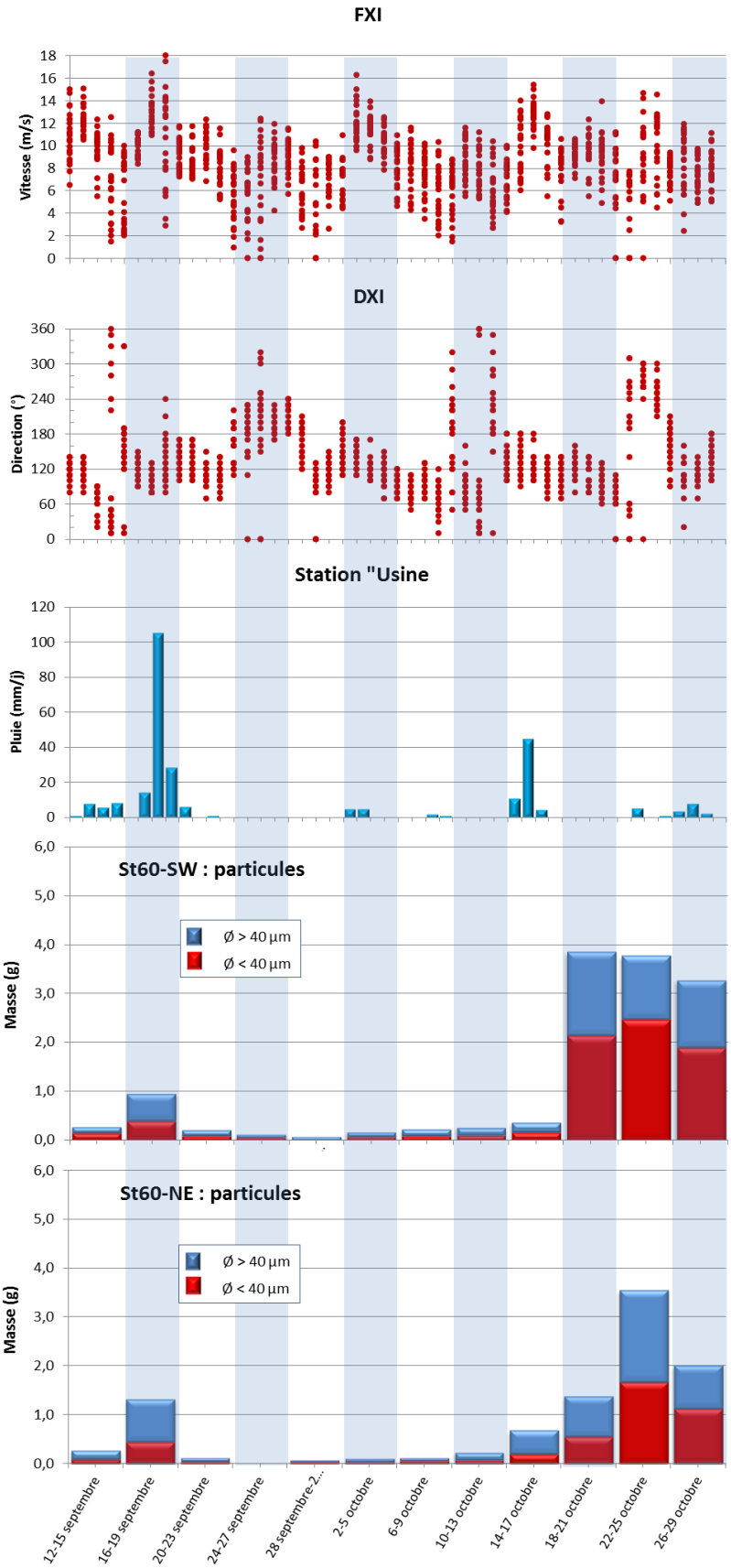


Figure 17 : Diagramme combiné : direction maximum des vents (DXI), vitesse maximum des vents instantanée (FXI), taux de précipitation, fractions inférieures et supérieures à 40 µm, aux stations St60-NE et St60-SW pour la période du 12 septembre au 29 octobre 2012.

5.2 CALCUL DES FLUX DE MATIERES

Les valeurs de densité de flux verticaux en MES et en métaux sont regroupées en Annexe 5.

MATIERE EN SUSPENSION

Pour la Baie Kwé, les valeurs minimales des flux sont 3 et 2 fois plus fortes que celles relevées, à la fois, pour juillet-août 2011 et pour l'Etat de Référence, respectivement (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230, 2007). Toutefois, elles demeurent du même ordre de grandeur que celles de la campagne précédente de la saison chaude de janvier-février 2012 (Contrat OEIL/AEL, n°110328-OE-03, 2012). A l'inverse, les flux maximums de la campagne septembre-octobre 2012 sont les plus faibles flux jusqu'à présent obtenus (Tableau 13).

En ce qui concerne le Canal de la Havannah, les valeurs minimales des deux saisons fraîches (juillet-août 2011 et sept-octobre 2012) sont, globalement, comparables pour l'ensemble des deux stations St60-NE et St60-SW. En ce qui concerne les maximales, celles-ci ont doublé en sept-octobre 2012 par rapport à la même saison de 2011, mais demeurent d'un ordre de grandeur comparable à ceux obtenus pour l'Etat de Référence de 2007. Par rapport à la saison chaude (janvier-février 2012), les flux ont logiquement été divisés par 2 et 3, respectivement pour les valeurs minimales et maximales (Tableau 13).

Tableau 13 : Valeurs minimales et maximales des densités de flux en matière particulaire au niveau des stations St06-KW1 (Baie Kwé), St60-NE et St60-SW (Canal de la Havannah) ; comparaison des valeurs obtenues en 2011 et 2012 avec celles mesurées en 2007 (Etat de référence, station T4M).

	VALEUR DU FLUX MES (g/m²/j)	BAIE KWE (KW1)	CANAL DE LA HAVANNAH (60-NE)	CANAL DE LA HAVANNAH (60-SW)
Etat de référence 2007(T4M)	Minimum	8,0	-	0,7
	Maximum	168,4	-	14,8
Saison fraiche juillet-août 2011	Minimum	5,0	Piège perdu	0,2
	Maximum	118,5		11,4
Saison chaude janvier-février 2012	Minimum	10,5	1,3	0,9
	Maximum	128,1	26,9	33,4
Saison fraiche Sept-octobre 2012	Minimum	15,0	0,1	0,3
	Maximum	59,1	17,7	19,2

ELEMENTS METALLIQUES ET CALCIUM

Pour la Baie Kwé, les densités de flux en métaux totaux sont du même ordre de grandeur qu'en 2007, lors de la définition de « l'Etat de référence » (Convention IRD/Goro-Ni, n°1230, 2007 ; contrat OEIL/AEL, n°110328-OE-03, 2012). Cependant, il est à remarquer une sensible augmentation des niveaux de concentration en « saison chaude » d'un facteur 1,5 à 2, exception faite de Ca dont le flux reste bien constant.

En ce qui concerne le Canal de la Havannah, selon l'élément, les flux sont 2 à 10 fois plus forts en « saison chaude » qu'en « saison fraiche » ; les flux sont équivalent pour les deux stations St60-NE et St60-SW.

Les valeurs mesurées en 2011 et 2012 sont présentées dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Valeurs minimales et maximales des densités de flux en éléments métalliques et calcium au niveau des stations St06-KW1 (Baie Kwé), St60-NE et St60SW (Canal de la Havannah) entre juillet-août 2011 et septembre-octobre 2012.

ST06-KW1		DENSITE DE FLUX EN ELEMENTS (mg/m²/j)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Saison fraiche juillet-août 2011	Minimum	1 283	0,4	14,6	409	3,5	7,4
	Maximum	24 519	11,4	392,8	10 460	94,5	185,8
Saison chaude janvier-février 2012	Minimum	2 501	1,0	31,8	999	7,5	18,0
	Maximum	29 794	14,6	492,5	14 378	118,8	267,1
Saison fraîche sept-octobre 2012	Minimum	4 125	1,6	57,1	1 648	12,4	25,9
	Maximum	15 490	6,1	219,0	6 531	50,9	110,6

ST60-NE		DENSITE DE FLUX EN ELEMENTS (mg/m²/j)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Saison fraiche juillet-août 2011	Minimum	Piège à sédiment perdu					
	Maximum						
Saison chaude janvier-février 2012	Minimum	392	0,03	1,0	27	0,2	0,6
	Maximum	7 973	0,66	19,1	616	7,3	11,4
Saison fraîche sept-octobre 2012	Minimum	-	-	-	-	-	-
	Maximum	5 892	0,51	9,5	315	3,0	5,9

ST60-SW		DENSITE DE FLUX EN ELEMENTS (mg/m²/j)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Saison fraiche juillet-août 2011	Minimum	60	0,01	0,17	0,2	0,08	0,05
	Maximum	3 732	0,16	5,03	157	1,59	2,74
Saison chaude janvier-février 2012	Minimum	314	0,03	0,7	22	0,41	0,46
	Maximum	9 543	0,93	21,4	736	9,16	13,38
Saison fraîche sept-octobre 2012	Minimum	-	-	-	-	-	-
	Maximum	6 329	0,70	10,1	351	3,43	7,08

CE QU'IL FAUT RETENIR

Pour la période étudiée (fin de saison fraîche avec des pluies modérées à faibles), la quantité et la distribution des MES dans les eaux, tant en Baie Kwé que dans le Canal de la Havannah, sont grandement régies par l'action mécanique de la houle, elle-même générée par les vents, ces facteurs se combinant aux des effets de la lixiviation des bassins versants.

En cohérence avec les résultats précédents (« saison fraiche »), seuls les régimes d'un large secteur S sont susceptibles de remettre en suspension les particules sédimentées jusqu'à une profondeur de 10 m, ce mécanisme étant notamment observable dans la Baie Kwé mais également le long des côtes. Une fraction de ces particules suit ensuite les courants dominant vers le secteur W du Canal de la Havannah. L'alimentation en MES de celui-ci est quasi exclusivement assurée par des particules carbonatées et coïncide avec les vents de secteurs SW à W qui balayent l'important système récifal qui borde le lagon sud-est ; les flux semblent être en sensible augmentation.

Les valeurs minimales de flux de métaux sont en augmentation pour la Baie Kwé à l'inverse de maximales. Dans le Canal, entre les deux saisons fraiches étudiées, les valeurs maximales sont toutes en nette progression (St60-SW).

6 CONCLUSION

Pour la période d'études comprise entre le 12 septembre et le 29 octobre 2012 (fin de saison fraîche), les vents ont montré une variabilité temporelle classique conduisant à une alternance des cycles de régimes de secteurs E à W majoritairement, avec des rotations au S et au N en milieu et en fin de période d'études. Les vitesses ont fluctué grandement puisqu'elles ont couvert une large gamme de valeurs, allant du calme plat pour atteindre des vitesses maximales de près de 20 m/s. En termes de précipitations, seul un, voire deux épisodes notables sont à signaler avec 105,2 mm cumulés le 18 septembre et 45 mm le 15 octobre 2012. Ces conditions hydro-climatiques conduisent aux conclusions suivantes :

1. **BAIE KWE**
    a. Les précipitations ne semblent pas avoir généré de couche turbide notable dans la Baie Kwé.
    b. Un deuxième néphéloïde s'est formé en milieu de période (2-5 octobre) sous l'effet d'un régime fort (16 m/s) de secteur SE le 2 février. Comme mentionné en conclusion des rapports précédents, les vents de S à SE supérieurs à 10 m/s sont nécessaires pour entrainer une remise en suspension des particules latéritiquees.
    c. Un troisième néphéloïde, de majeure intensité, a été mis en place en fin de période grâce à des conditions météorologiques similaires (direction et de force des vents) avec cependant une contribution terrigène complémentaire probablement due au lessivage des sols sous l'effet des précipitations enregistrée le 18 octobre.
    d. Dans les deux dernières formations turbides, la quantité de particules moyenne à grossières (Ø > 40 µm) ont été remises en suspension.
2. **CANAL DE LA HAVANNAH**
    a. Cette période d'étude se caractérise par la faible quantité de MES collectée dans chacun des deux pièges, particulièrement jusqu'au 14 octobre. En effet, mis à part un court épisode en début de période où environ 1 g de matière a été collecté, seuls les 12 derniers jours ont permis de piéger jusqu'à environ 4 g. Leur analyse montre clairement l'existence d'une signature terrigène (latéritique), les apports dans le Canal n'en demeurent pas moins modestes.
    b. Comme estimé antérieurement, au niveau des stations de mesure, la charge minérale due aux apports terrigènes issus de la Kwé est bien diluée. Toutefois, le facteur n'est plus que de 5, il était estimé à 70 en janvier-février 2012. En ce qui concerne les apports en calcium, l'analyse des MES montre que de nombreux débris coquillers et tests de micro-organismes la compose.
    c. Dans le Canal de la Havannah, en dehors de ces périodes météorologiques particulières et en l'absence de forts épisodes pluvieux, les flux de particules sont très modestes et leur nature est, logiquement, à très forte dominante marine (%CaCO3 > 95).

A ce stade de l'activité industrielle, aucune trace d'enrichissement anormal en calcium ou en soufre (signatures potentielles du rejet industriel) dans les MES collectées au niveau des stations St60-NE et/ou St60-SW ne permet de déceler l'influence de l'effluent (présence de gypse).

7 REFERENCES

Ankley, G. T., D. M. Di Toro, et al. (1996). Technical basis and proposal for deriving sediment quality criteria for metals. Environmental Toxicology and Chemistry 15(12): 2056-2066.

ASTM, 1997. E1850 – 97 : Standard Guide for Selection of Resident Species as Test Organisms for Aquatic and Sediment Toxicity Tests. American Society for Testing and Material – International, West Conshohocken, PA, United States, 13 p.

Bodeï & Pointeau, 2009 – Bilan de la réactivité géochimique de l'effluent. Modélisation chimie-transport en champs proche du diffuseur. DEN/DTN/SMTM/LMTE/NT/2009/05 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1124), 58p.

Douillet P. et Fernandez JM, 2009. Modélisation et simulation du transport des formes dissoutes et particulaires. Simulation annuelle de la sédimentation des particules naturelles en contact avec l'effluent. Convention IRD/Goro-Nickel n°1124, 55p.

Derex P, Douillet P, Le Gendre R, 2008b. Modélisation et simulation du transport des formes dissoutes et particulaires. Modèle de transport. Simulation annuelle du rejet. Convention IRD/Goro-Nickel n°1124, 196p.

INERIS, 2003. Analyse critique de l'acceptabilité du niveau de rejet de manganèse dans le milieu marin – Rapport Final, Goro Nickel. H. Baroudi, J. Bureau, C. Rollin, Institut de l'Environnement Industriel et des Risques – Direction des Risques Chroniques, INERIS-DRC-03-53097/DESP-R02, 17 décembre 2003, 37 p. + Annexes.

ISO, 2006a. ISO 10253: Qualité de l'eau – Essai d'inhibition de la croissance des algues marines avec Skeletonema costatum et Phaeodactylum tricornutum. Organisation Internationale de Standardisation (ISO), Genève, Suisse, 12 p.

8 LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: AIRE D'ETUDE POUR LE SUIVI DES FLUX VERTICAUX DE PARTICULES ISSUES DU PROCESS DE PRODUCTION DE L'USINE ET DES ACTIVITES D'EXCAVATION DE MINE DE VALE-NC. LE TRAIT ROUGE REPRESENTE LE DIFFUSEUR, DE PART ET D'AUTRE FIGURENT LES DEUX STATIONS ST60-SW ET ST60-NE LOCALISEES A 60M DU REJET. EN BAIE KWE LE PIEGE A SEDIMENTS A ETE MOUILLE A LA STATION ST06-KW1. LA STATION ST09 APPARTIENT AU RESEAU SEMESTRIEL DE SURVEILLANCE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA COLONNE D'EAU. 10

FIGURE 2 : PUISSANCE TYPE DE L'EPAISSEUR DE MARQUAGE PAR L'EFFLUENT (RHODAMINE-WT) POUR DES CONDITIONS COURANTOLOGIQUES DE MI-MAREES DE MORTE-EAU (GAUCHE) ET DE VIVE-EAU (DROITE) AU NIVEAU DE LA STATION ST60-SW. 10

FIGURE 3 : ENREGISTREMENT DES « *TAUX DE PRECIPITATIONS JOURNALIERS (RR)* » EN (MM/J), « *DIRECTION DU VENT MAXI INSTANTANE HORAIRE (DXI)* » EN (°) ET « *VITESSE DU VENT INSTANTANE MAXI HORAIRE (FXI)* » EN (M/S), A LA STATION METEOROLOGIQUE DE L' « USINE » DE VALE-NC POUR LA PERIODE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012. 13

FIGURE 4 : MASSES COLLECTEES DANS LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012 EN BAIE KWE (ST06-KW1). COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION (MES) : IMPORTANCE DES FRACTIONS FINES (< 40 µM) ET FRACTIONS GROSSIERES (> 40 µM). 14

FIGURE 5 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUES DES POPULATIONS DE GRAINS COLLECTES EN BAIE KWE (ST06-KW1) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012. 15

FIGURE 6 : TENEURS EN CARBONATES DANS LES PARTICULES COLLECTEES PAR LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012 EN BAIE KWE (ST06-KW1). 16

FIGURE 7 : MASSES COLLECTEES DANS LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH, AU NORD-EST DU DIFFUSEUR (ST60-NE). COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION (MES) : IMPORTANCE DES FRACTIONS FINES (< 40 µM) ET FRACTIONS GROSSIERES (> 40 µM). 17

FIGURE 8 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUES DES POPULATIONS DE GRAINS COLLECTES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-NE) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012 ; L'ANALYSE DES MES DES GODETS NE60-2, NE60-6 ET NE60-9 N'A PU ETRE REALISEE PAR MANQUE DE MATIERE. 17

FIGURE 9 : TENEURS EN CARBONATES DANS LES PARTICULES COLLECTEES PAR LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-NE). LES ECHANTILLONS NE60-1 A NE60-9 N'ONT ETRE ANALYSES PAR MANQUE DE MATIERE. 18

FIGURE 10 : MASSES COLLECTEES DANS LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH, AU SUD-OUEST DU DIFFUSEUR (ST60-SW). COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION (MES) : IMPORTANCE DES FRACTIONS FINES (< 40 µM) ET FRACTIONS GROSSIERES (> 40 µM). 19

FIGURE 11 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUES DES POPULATIONS DE GRAINS COLLECTES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-SW) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012 ; L'ANALYSE DES MES DES GODETS SW60-2, SW60-6 ET SW60-9 N'A PU ETRE REALISEE PAR MANQUE DE MATIERE. 20

FIGURE 12 : TENEURS EN CARBONATES DANS LES PARTICULES COLLECTEES PAR LES 12 GODETS DU PIEGE SEQUENTIEL MOUILLE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-SW). 21

FIGURE 13 : NORMALISATION DES CONCENTRATIONS EN CALCIUM PAR LE FER POUR LES MES COLLECTEES EN BAIE KWE (ST06-KW1) ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012. 23

FIGURE 14 : CONCENTRATION DU SOUFRE DANS LES 4 GODETS CORRESPONDANT AUX EVENEMENTS METEOROLOGIQUES MARQUANTS ENREGISTRES ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-NE). 25

FIGURE 15 : CONCENTRATION DU SOUFRE DANS LES 4 GODETS CORRESPONDANT AUX EVENEMENTS METEOROLOGIQUES MARQUANTS ENREGISTRES ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012 DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-SW). 26

FIGURE 16 : DIAGRAMME COMBINE : DIRECTION MAXIMUM DES VENTS (DXI), VITESSE MAXIMUM DES VENTS INSTANTANEE (FXI), TAUX DE PRECIPITATION, FRACTIONS INFERIEURES ET SUPERIEURES A 40 µM, CONCENTRATION EN NICKEL DANS LES MES ET RATIO CA/FE A LA STATION ST06-KW1 POUR LA PERIODE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012. 30

FIGURE 17 : DIAGRAMME COMBINE : DIRECTION MAXIMUM DES VENTS (DXI), VITESSE MAXIMUM DES VENTS INSTANTANEE (FXI), TAUX DE PRECIPITATION, FRACTIONS INFERIEURES ET SUPERIEURES A 40 µM, AUX STATIONS ST60-NE ET ST60-SW POUR LA PERIODE DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012. 31

9 LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LOCALISATION EXACTE DES TROIS STATIONS DE MOUILLAGE DES PIEGES A PARTICULES SEQUENTIELS : CANAL DE LA HAVANNAH (ST60-SW ET ST60-NE) ET EN BAIE KWE (STKW1). CES COORDONNEES SONT CONFORMES AU REFERENTIEL WGS-84. 9

TABLEAU 2 : LISTE DES ECHANTILLONS COLLECTES AUX STATIONS DE MOUILLAGE DES PIEGES A SEDIMENTS (ST60-SW, STST60-NE ET ST06-KW1) ET PERIODES DE COLLECTE ENTRE SEPTEMBRE ET OCTOBRE 2012. 11

TABLEAU 3 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES COLLECTEES EN BAIE KWE (STATION (ST06-KW1) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012. 16

TABLEAU 4 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (STATION ST60-NE) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012. 18

TABLEAU 5 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH (STATION ST60-SW) PAR LE PIEGE A SEDIMENTS SEQUENTIEL, DU 12 SEPTEMBRE AU 29 OCTOBRE 2012. 20

TABLEAU 6 : CONCENTRATIONS MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES EN BAIE KWE ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012 (STATION ST06-KW1 ; N=12). 22

TABLEAU 7 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES EN BAIE KWE ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE29 OCTOBRE 2012. 23

TABLEAU 8 : CONCENTRATIONS MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012 (STATION ST60-NE ; N=4). 24

TABLEAU 9 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012 (STATION ST60-NE; N= 4). 24

TABLEAU 10 : CONCENTRATIONS MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012 (STATION ST60-SW ; N=4). 26

TABLEAU 11 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM DANS LES MES COLLECTEES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012 (STATION ST60-SW ; N=4). 26

TABLEAU 12 : CONCENTRATIONS MOYENNES ET ECART-TYPES DES ELEMENTS ANALYSES DANS LES MES COLLECTEES DANS LES STATIONS ST60-NE (GODETS NE-2, NE-10, NE-11 ET NE-12) ET ST60-SW (GODETS SW-2, SW-10, SW-11 ET SW-12) ENTRE LE 12 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2012. 29

TABLEAU 13 : VALEURS MINIMALES ET MAXIMALES DES DENSITES DE FLUX EN MATIERE PARTICULAIRE AU NIVEAU DES STATIONS ST06-KW1 (BAIE KWE), ST60-NE ET ST60-SW (CANAL DE LA HAVANNAH) ; COMPARAISON DES VALEURS OBTENUES EN 2011 ET 2012 AVEC CELLES MESUREES EN 2007 (ETAT DE REFERENCE, STATION T4M). 32

TABLEAU 14 : VALEURS MINIMALES ET MAXIMALES DES DENSITES DE FLUX EN ELEMENTS METALLIQUES ET CALCIUM AU NIVEAU DES STATIONS ST06-KW1 (BAIE KWE), ST60-NE ET ST60SW (CANAL DE LA HAVANNAH) ENTRE JUILLET-AOUT 2011 ET SEPTEMBRE-OCTOBRE 2012. 33

10 LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : DESCRIPTION DES METHODES DE TRAITEMENT ET D'ANALYSES DES ECHANTILLONS.

ANNEXE 2 : VALEURS JOURNALIERES DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES (DONNEES VALE-NC) : PRECIPITATIONS, DIRECTION ET VITESSE DU VENT.

ANNEXE 3 : RESULTATS D'ANALYSES ET MESURES DES MES DU CANAL DE LA HAVANNAH ET DE LA BAIE KWE : MASSES COLLECTEES, GRANULOMETRIES DES POPULATIONS DE GRAINS, COMPOSITIONS MINERALOGIQUES, TENEURS EN CARBONATES ET OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES.

ANNEXE 4 : RESULTATS DE CALCULS DE CONCENTRATIONS EN METAUX TOTAUX, CALCIUM ET SOUFRE DANS LES MES DE LA BAIE KWE ET DU CANAL DE LA HAVANNAH.

ANNEXE 5 : RESULTATS DE CALCULS DES VALEURS DE DENSITE DE FLUX EN MES ET EN METAUX.

ANNEXE – 1

Description des méthodes de traitement et d'analyses des échantillons

Evaluation des flux de MES

Les flux verticaux de particules apportées par le réseau hydrologique de la Baie Kwe sont estimés par collecte de séries temporelles d'échantillons de MES. Cette opération est assurée par le déploiement de pièges à sédiment de type séquentiel de 0,05 m² de section efficace (Technicap, type PPS4/3) qui est gréé sur une ligne de mouillage équipée avec un largueur acoustique. La durée d'immersion a été de 1,5 mois environ (18 janvier -05 mars 2012).

La collecte séquentielle est réalisée avec un pas de temps programmé de 96 heures (4 jours), soit un total de 12 échantillons pour 48 jours.

Les matières en suspension collectées sont traitées au laboratoire, conditionnées puis conservées par congélation dans des sachets à usage unique. Les MES sont ensuite caractérisées de manière à évaluer les fractions terrigènes et marines (carbonates). Les flux sont estimés (g/m²/j) et confrontés aux différents régimes météorologiques et/ou hydrodynamiques.

Techniques et analyses

Dosage des carbonates

Les teneurs en carbonate sont déterminées sur les fractions pélitiques (Ø < 40 µm) par la méthode dite du « calcimètre de Bernard ». Cette méthode consiste en une attaque du sédiment grâce à une solution d'acide chlorhydrique qui génère la formation de CO_2. Le volume de gaz est titré et la concentration en carbonate de calcium est déterminée par relation stœchiométrique.

Granulométrie

L'étude de la distribution des populations de particules fines (silts et argiles) est conduite sur la fraction < 2000 µm après élimination des organismes « actifs » (Swimmers). La distribution de ces populations est réalisée par granulométrie laser après remise en suspension des sédiments, ajout d'agent dispersant (Pyrophosphates de Na/K) et agitation aux ultrasons. Seulement 4 échantillons par carrousel sont analysés.

Cette analyse a été confiée à l'Université d'Auckland (School of Environment), Nouvelle-Zélande.

Minéralogie

Les sources et l'évolution temporelle des matériaux sont estimées en fonction des espèces minérales décelées. Les déterminations de ces espèces sont effectuées par diffraction de rayons X (DRX) sur les 4 échantillons pélitiques (Ø < 40 µm)de l'étude granulométrique.

Cette analyse a été confiée à l'Université d'Auckland (School of Environment), Nouvelle-Zélande.

Dosage des métaux dans les MES

Le dosage des métaux, nécessaire pour le suivi des flux de polluants est conduit par attaque totale des fractions pélitiques (Ø < 40 µm) des sédiments par fusion alcaline. Seuls, Ca et 5 métaux (Co, Cr, Fe, Mn et Ni) sont analysés par ICP-OES.

Des échantillons de référence (MESS-3 et PACS-2) ont été attaqués selon le même protocole pour la validation des résultats de mesures.

Dosage du soufre

Le dosage du soufre est conduit par attaque totale des fractions pélitiques (Ø < 40 µm) des sédiments par attaque acide à haute température en conditions hyperbares. L'analyse de S est effectuée par ICP-OES.

Dosage des HCT

L'analyse des hydrocarbures totaux est effectuée sur le sédiment brut par la norme NF EN ISO 9377-2.

Ce dosage n'a pas pu être conduit en raison du manque de masse récoltée dans les godets des pièges à sédiments. .

ANNEXE – 2

Valeurs journalières des paramètres météorologiques (données Vale-NC) : précipitations, direction et vitesse du vent.

Date	Pluie (mm)	TN (°C)	TX (°C)	FXI (m/s)	DXI (°)
11/09/2012	0	18,2	21,4	13,3	150
12/09/2012	1,2	18,3	21,5	15	130
13/09/2012	8	18,2	22	15,1	130
14/09/2012	6	17,5	21,3	12,3	90
15/09/2012	8,4	18	25,5	12,5	50
16/09/2012	0	17,4	21,5	10	140
17/09/2012	14,4	19	21,3	11,2	140
18/09/2012	105,2	17,4	19,3	16,4	90
19/09/2012	28,7	17,4	21,4	21,2	120
20/09/2012	6,2	18,7	21,6	11,7	160
21/09/2012	0,8	19,7	22,2	11,7	120
22/09/2012	1,2	19,4	22,8	12,3	100
23/09/2012	0	19,5	24,1	11,5	100
24/09/2012	0	17,2	23,3	9,6	190
25/09/2012	0	16,1	22,2	9	190
26/09/2012	1	15,6	23,6	12,4	250
27/09/2012	0,2	17,3	22,2	11,9	190
28/09/2012	0	17,5	21,4	11,5	240
29/09/2012	0	16,7	21,6	9,8	200
30/09/2012	0	15,7	23	10,4	100
01/10/2012	0	18,5	22,9	9	90
02/10/2012	5	19,2	23,1	12,7	110
03/10/2012	5,2	15,9	20	16,3	150
04/10/2012	0	17,7	21,5	13,9	130
05/10/2012	0	18,4	22,8	12,5	120
06/10/2012	0	18,6	24	10,9	90
07/10/2012	0,2	19,2	24,2	11,6	80
08/10/2012	2	19,3	23,7	10,2	130
09/10/2012	1,2	19,8	28,7	10,3	30
10/10/2012	0	21,7	26,7	8,8	220
11/10/2012	0	21,6	26,3	11,6	60
12/10/2012	0	22,2	29,9	11,2	10
13/10/2012	0,6	20,2	27,2	10,4	180
14/10/2012	11	20,4	21,7	10	110
15/10/2012	45	18	19,4	14	120
16/10/2012	4,6	17,5	20,8	15,4	120
17/10/2012	0,2	18,9	22,6	12,8	90

Date	Pluie (mm)	TN (°C)	TX (°C)	FXI (m/s)	DXI (°)
18/10/2012	0	18,6	22,7	10,6	120
19/10/2012	0	19,4	22,2	10,6	120
20/10/2012	0	18,9	23,4	12,3	120
21/10/2012	0	19,5	24,3	13,9	80
22/10/2012	0	18,7	25,4	11,2	90
23/10/2012	5,4	19,9	26,3	7,7	190
24/10/2012	1	18,7	22,9	14,7	260
25/10/2012	1,4	18,1	23,1	14,5	220
26/10/2012	3,8	18,9	23	9,2	210
27/10/2012	8	19,3	22,8	11,9	140
28/10/2012	2,4	19,1	25	9,7	110
29/10/2012	0,2	20,2	23,4	11,1	110
30/10/2012	0	18,9	22,4	10	160

Valeurs horaires des paramètres météorologiques (données Station « Usine » de Vale) : direction et vitesse du vent (DXI et FXI).

Etant donné la grande quantité d'information enregistrée (1552 lignes), les valeurs ne figurent pas en annexe mais peuvent être obtenues sur simple demande à AEL.

ANNEXE – 3

Résultats d'analyses et mesures des MES du Canal de la Havannah et de la Baie Kwé : masses collectées, granulométries des populations de grains, compositions minéralogiques, teneurs en carbonates et observations microscopiques.

MES SEDIMENTEE

PERIODE DE COLLECTE	STATION	MASSE COLLECTEE (g)	STATION	MASSE COLLECTEE (g)	STATION	MASSE COLLECTEE (g)
12-15 septembre	KW1-1	3,97	NE60-1	0,27	SW60-1	0,27
16-19 septembre	KW1-2	6,06	NE60-2	1,31	SW60-2	0,95
20-23 septembre	KW1-3	3,27	NE60-3	0,12	SW60-3	0,20
24-27 septembre	KW1-4	3,00	NE60-4	0,02	SW60-4	0,11
28 sept-2 octobre	KW1-5	5,06	NE60-5	0,08	SW60-5	0,07
2-5 octobre	KW1-6	8,83	NE60-6	0,10	SW60-6	0,16
6-9 octobre	KW1-7	3,58	NE60-7	0,11	SW60-7	0,22
10-13 octobre	KW1-8	3,28	NE60-8	0,23	SW60-8	0,25
14-17 octobre	KW1-9	11,82	NE60-9	0,68	SW60-9	0,37
18-21 octobre	KW1-10	5,68	NE60-10	1,38	SW60-10	3,84
22-25 octobre	KW1-11	4,31	NE60-11	3,55	SW60-11	3,77
26-29 octobre	KW1-12	4,50	NE60-12	2,00	SW60-12	3,26

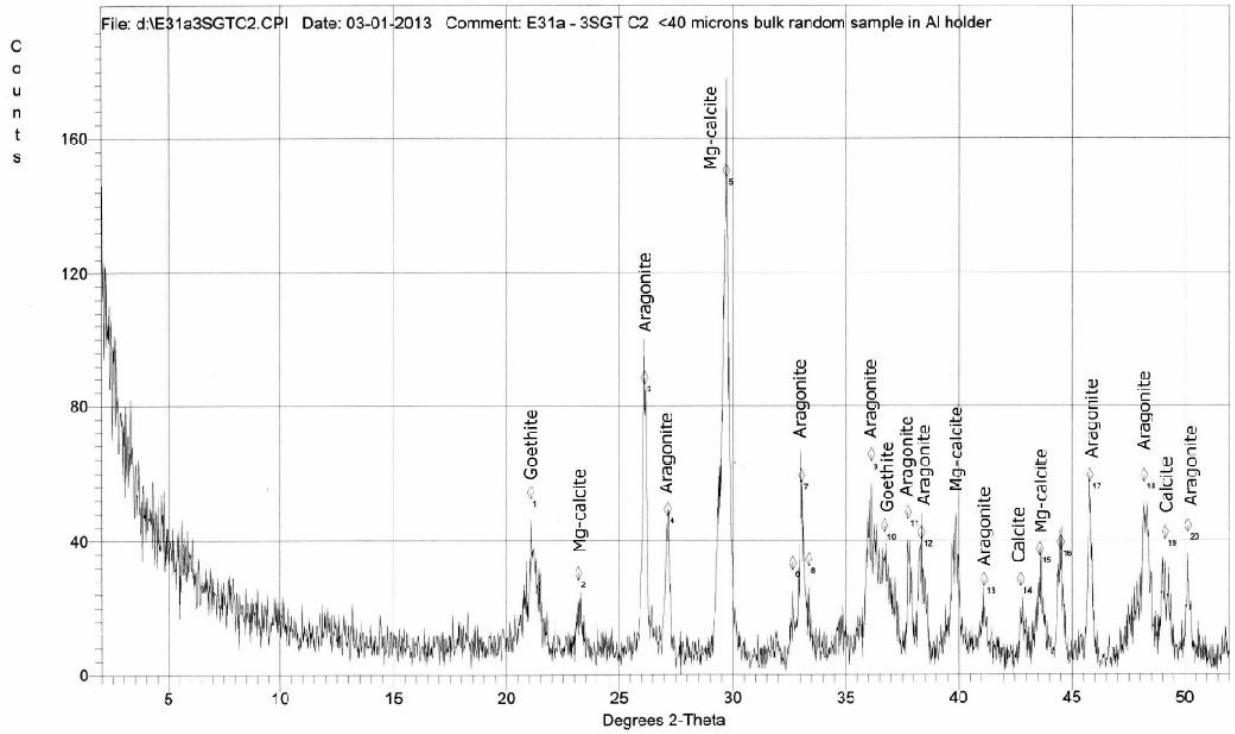
COMPOSITION GRANULOMETRIQUE

	POURCENTAGE VOLUMETRIQUE ENTRE LES CLASSES GRANULOMETRIQUES						
	0,02-2 µm	**2-20 µm**	**20-40 µm**	**40-50 µm**	**50-63 µm**	**63-200 µm**	**> 200 µm**
KW1-2	1,66	43,60	34,95	8,58	6,14	5,08	0,00
KW1-4	11,74	55,38	21,12	4,57	3,18	3,93	0,09
KW1-8	4,30	50,48	29,00	6,94	4,94	4,34	0,00
KW1-11	12,30	52,51	22,11	4,97	3,55	4,21	0,34
NE60-2	2,32	39,91	37,24	9,63	6,66	4,25	0,00
NE60-4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NE60-8	3,87	56,45	25,41	5,41	3,68	5,16	0,02
NE60-11	1,82	42,55	34,28	8,91	6,56	5,88	0,00
SW60-2	1,80	44,28	35,53	8,56	5,86	3,97	0,00
SW60-4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
SW60-8	6,14	58,36	26,01	5,13	3,03	1,34	0,00
SW60-11	2,18	42,53	35,33	8,97	6,31	4,68	0,00

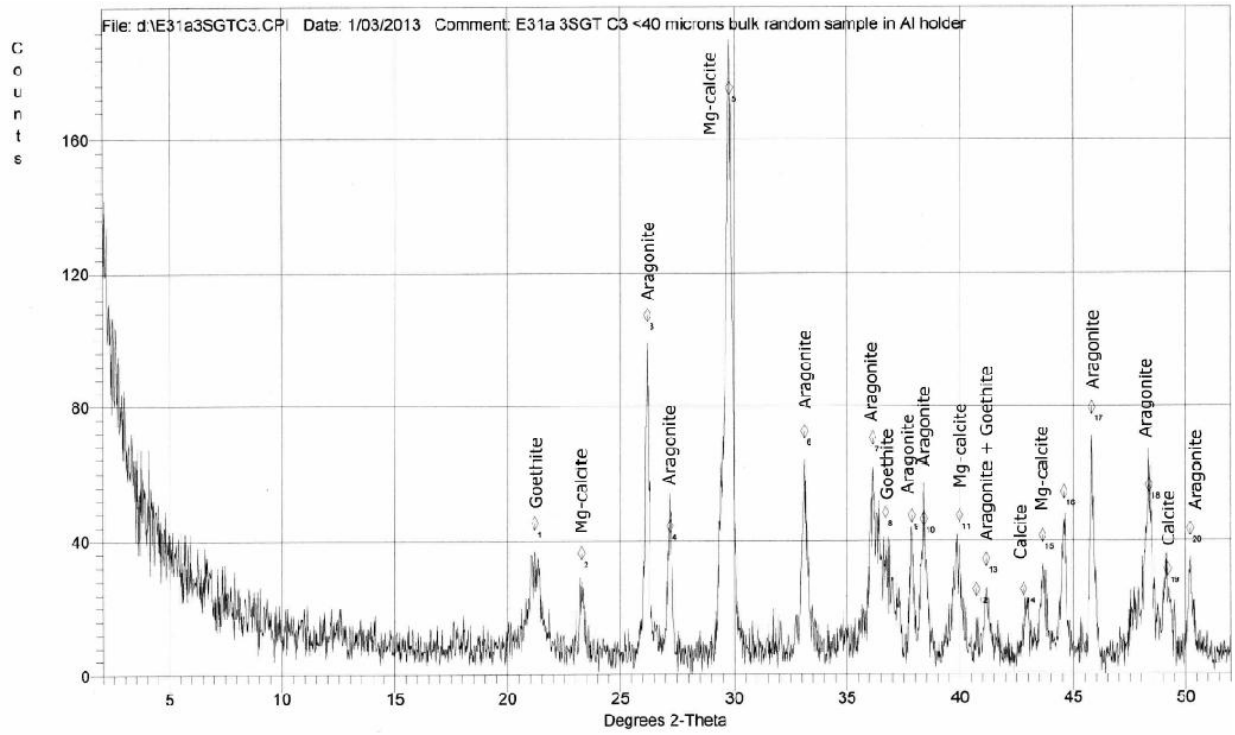
Nd = non déterminée par manque de matière

COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES DE LA BAIE KWE

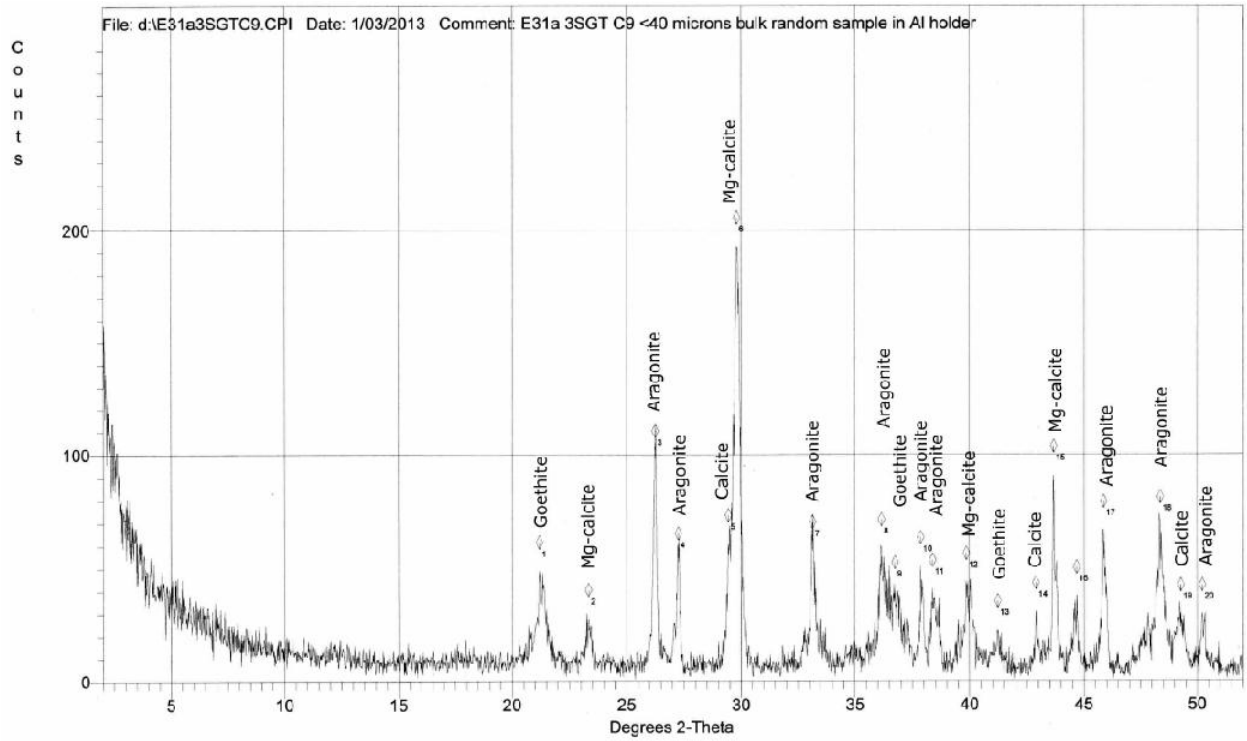
Station St06-KW1 ; godet 2



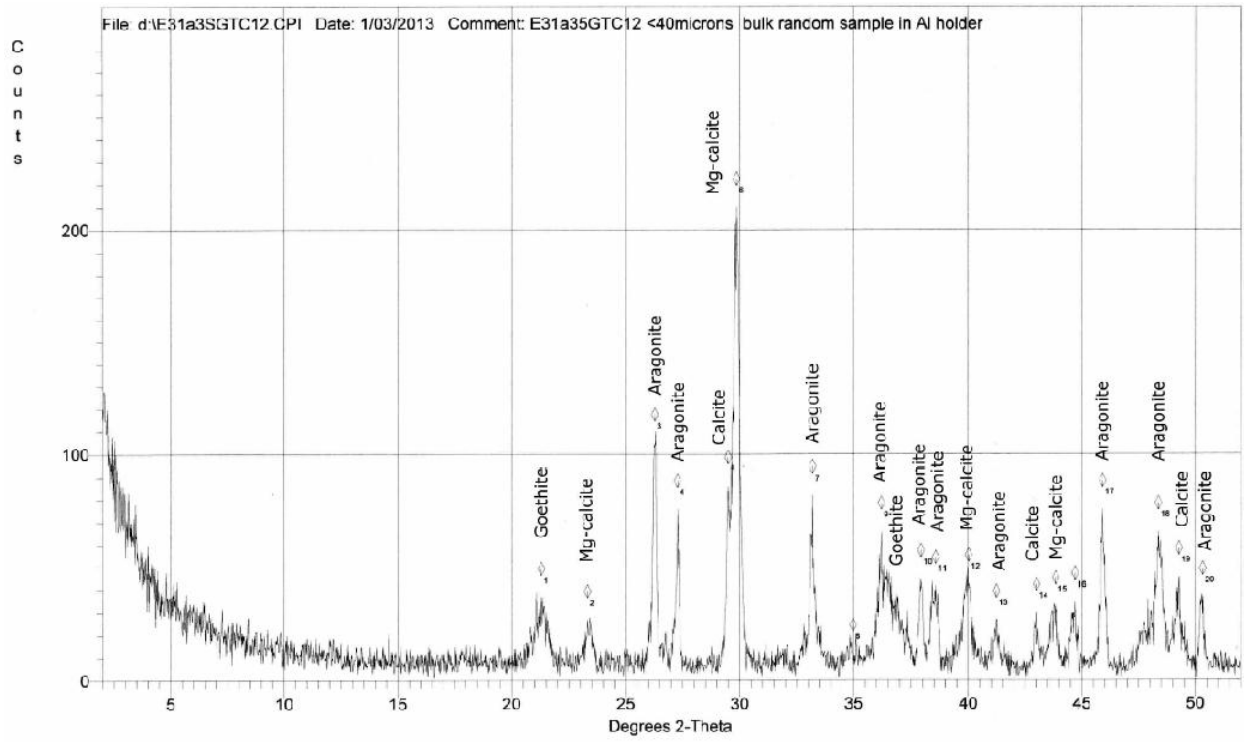
Station St06-KW1 ; godet 3



Station St06-KW1 ; godet 9

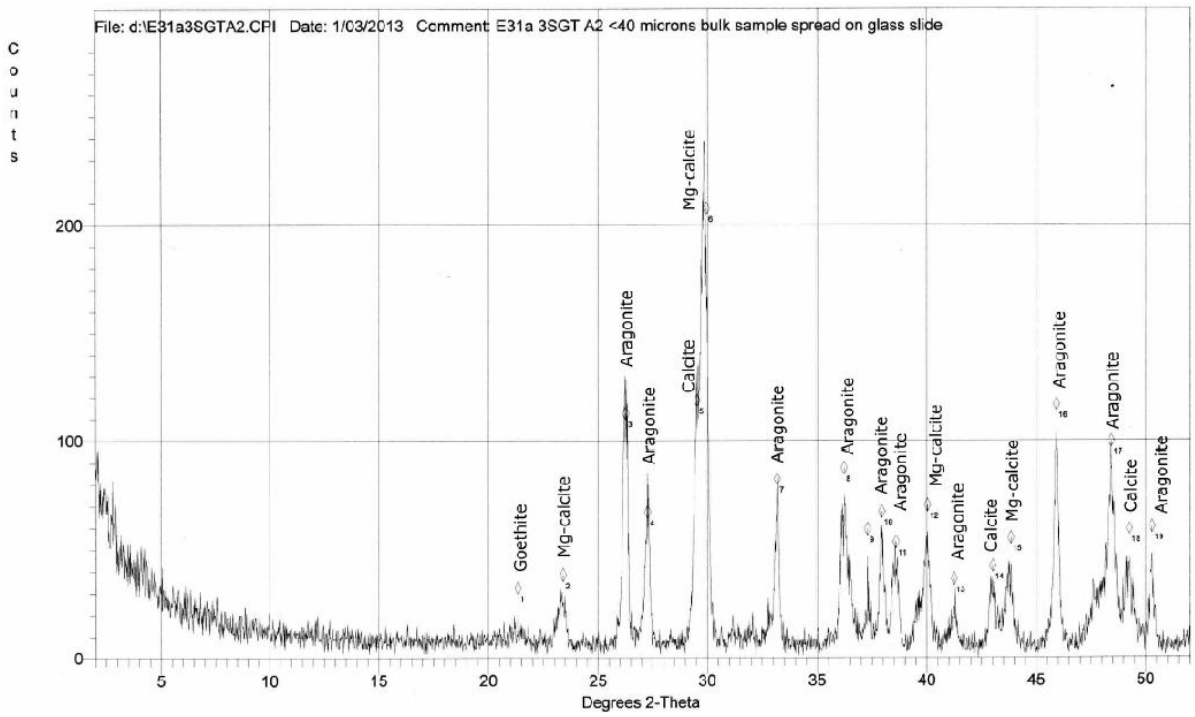


Station St06-KW1 ; godet 12

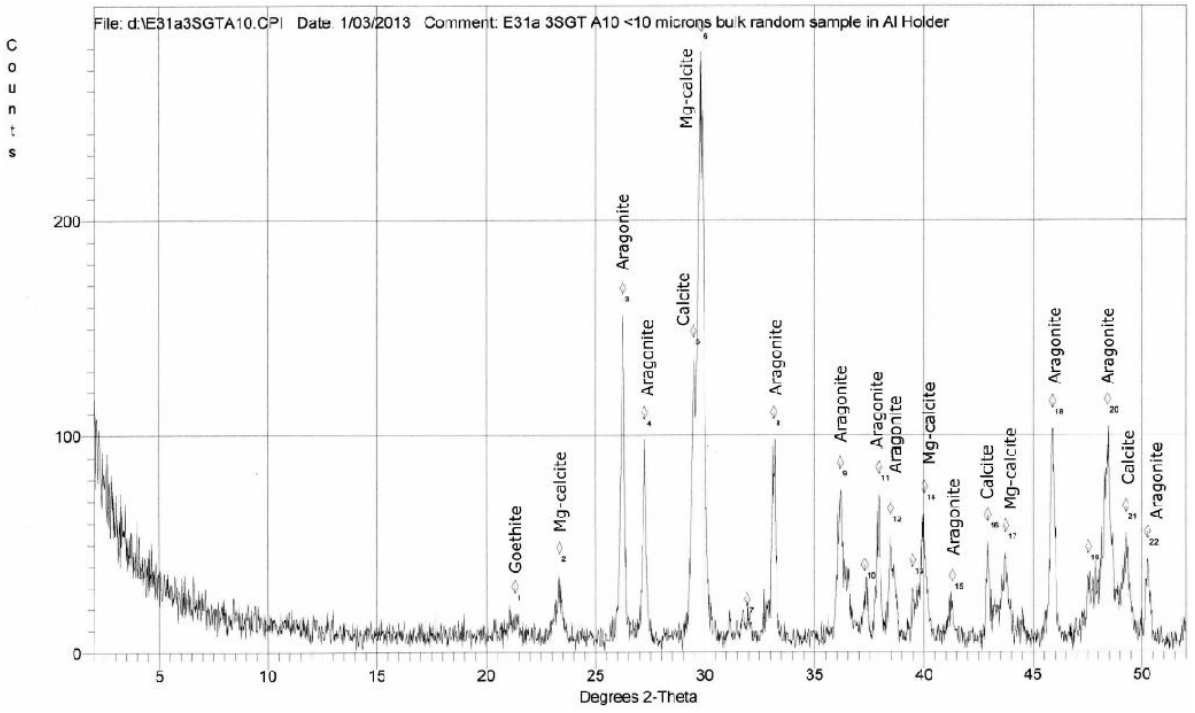


COMPOSITION MINERALOGIQUE DES MES DU CANAL DE LA HAVANNAH

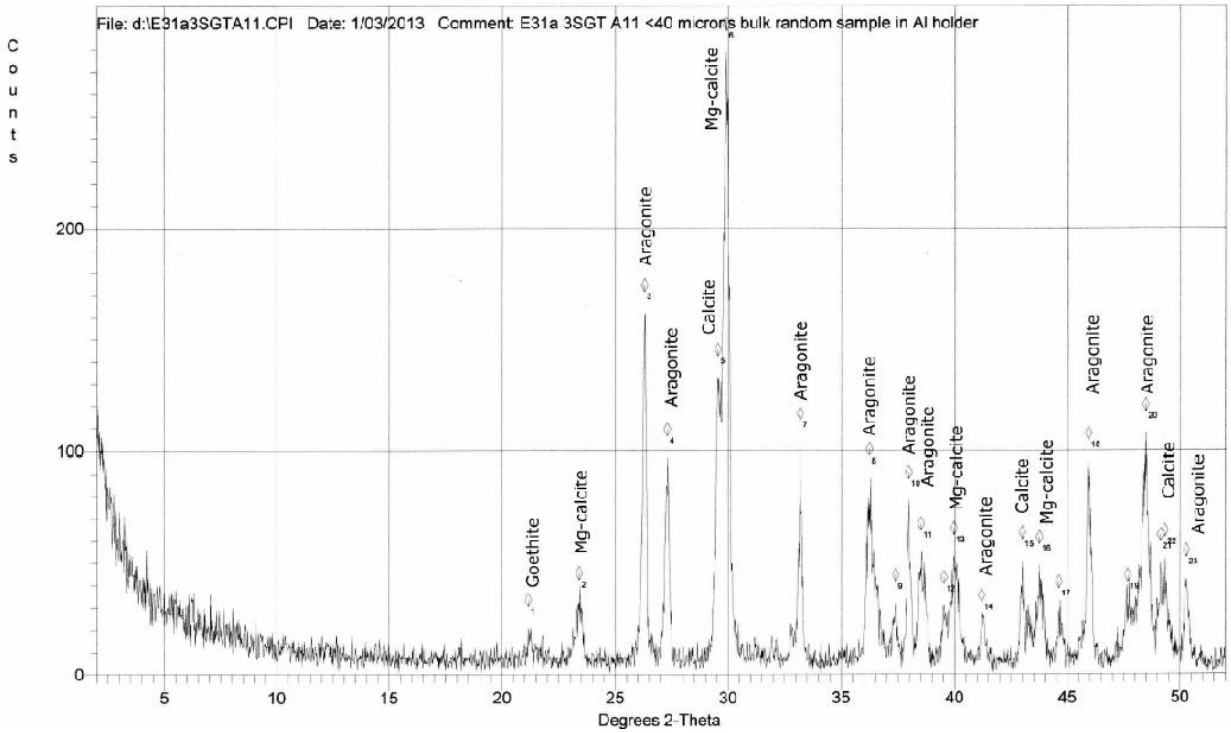
Station St60-NE ; godet 2



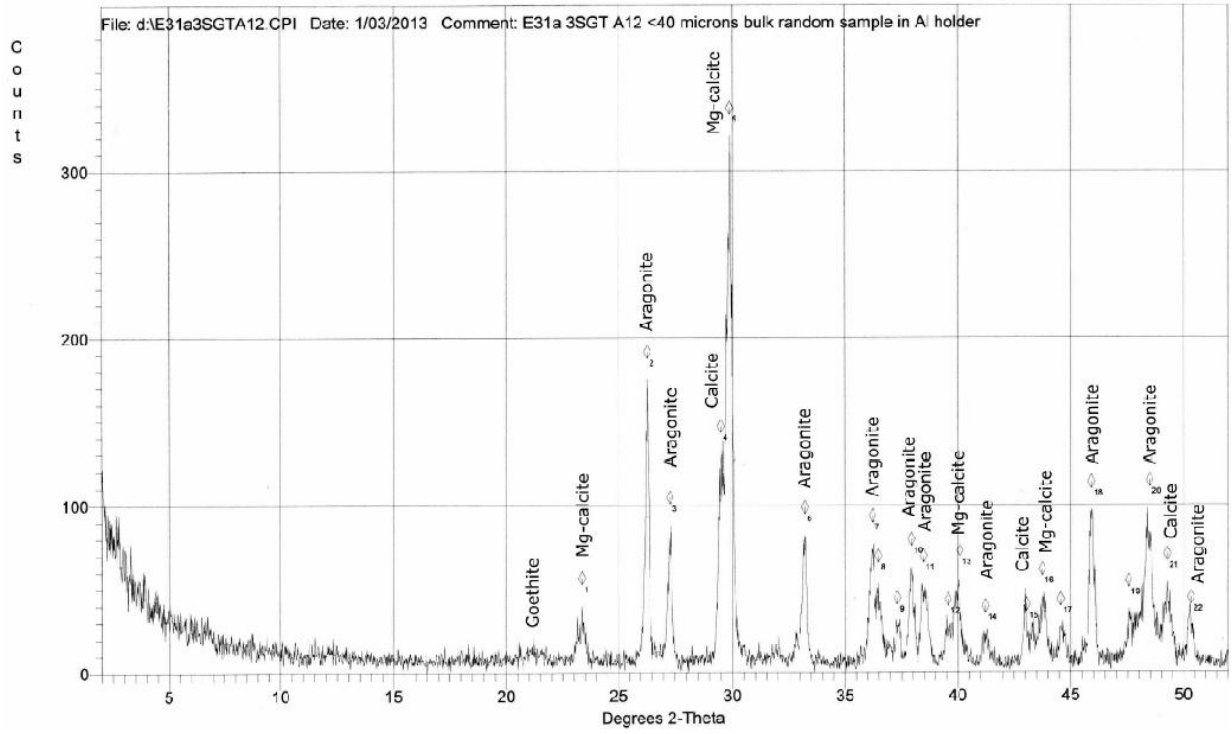
Station St60-NE ; godet 10



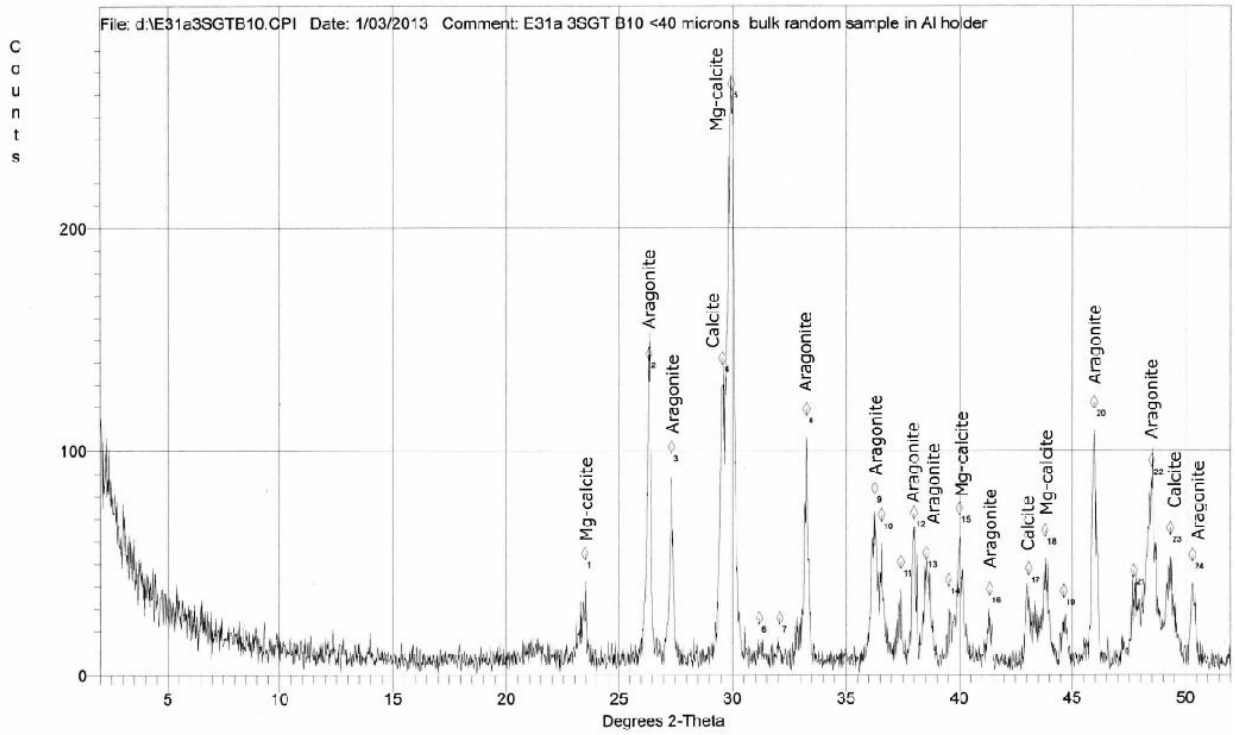
Station St60-NE ; godet 11



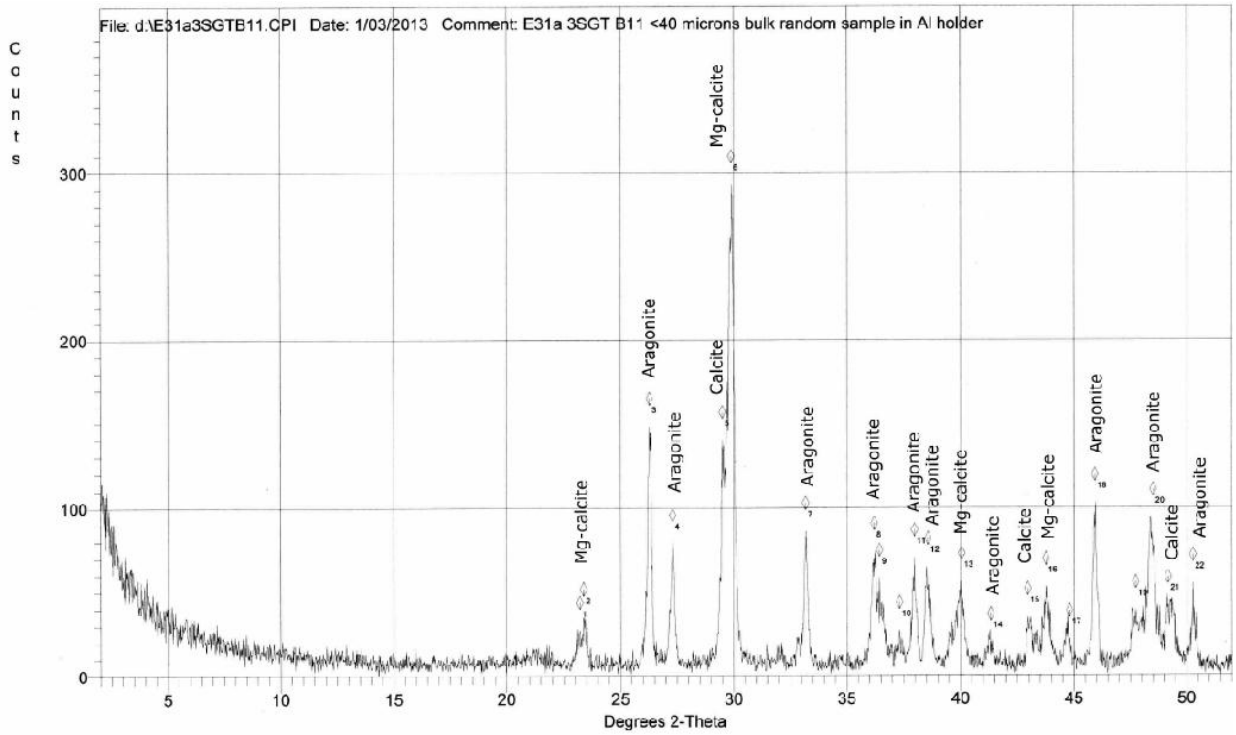
Station St60-NE ; godet 12



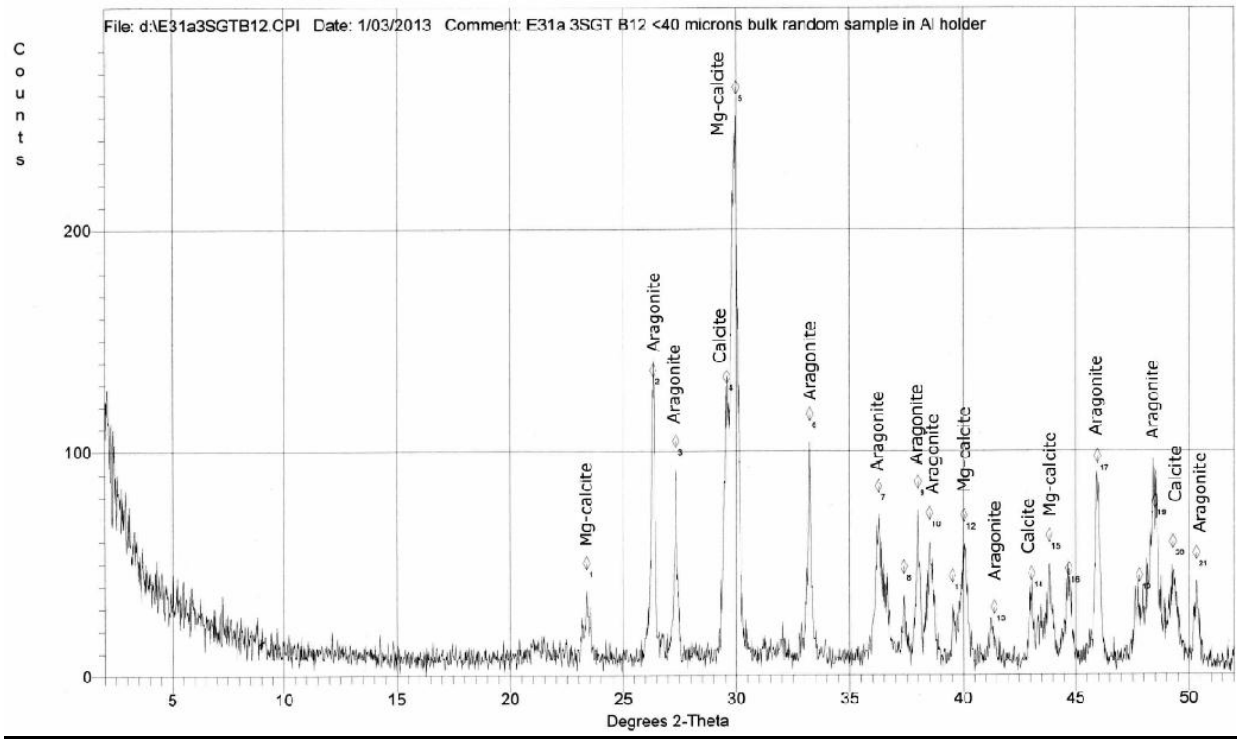
Station St60-SW ; godet 10



Station St60-SW ; godet 11



Station St60-SW ; godet 12



Remarque : Les trop faibles quantités de matière collectée en début de période (godet SW60-2) n'a pas permis de réaliser les analyses minéralogiques.

TENEURS EN CARBONATES

PERIODE DE COLLECTE	STATION	$CaCO_3$ (%)	STATION	$CaCO_3$ (%)	STATION	$CaCO_3$ (%)
12-15 septembre	KW1-1	61,4	NE60-1	nd	SW60-1	nd
16-19 septembre	KW1-2	64,4	NE60-2	nd	SW60-2	nd
20-23 septembre	KW1-3	63,6	NE60-3	nd	SW60-3	nd
24-27 septembre	KW1-4	67,8	NE60-4	nd	SW60-4	nd
28 sept-2 octobre	KW1-5	67,7	NE60-5	nd	SW60-5	nd
2-5 octobre	KW1-6	64,7	NE60-6	nd	SW60-6	nd
6-9 octobre	KW1-7	64,6	NE60-7	nd	SW60-7	nd
10-13 octobre	KW1-8	65,8	NE60-8	nd	SW60-8	nd
14-17 octobre	KW1-9	66,9	NE60-9	nd	SW60-9	nd
18-21 octobre	KW1-10	70,0	NE60-10	nd	SW60-10	84,0
22-25 octobre	KW1-11	71,9	NE60-11	86,1	SW60-11	84,1
26-29 octobre	KW1-12	71,0	NE60-12	84,1	SW60-12	79,9

nd = non déterminée en raison du manque de masse collectée

OBSERVATION AU MICROSCOPE OPTIQUE (GROSSISSEMENT X 11,5)



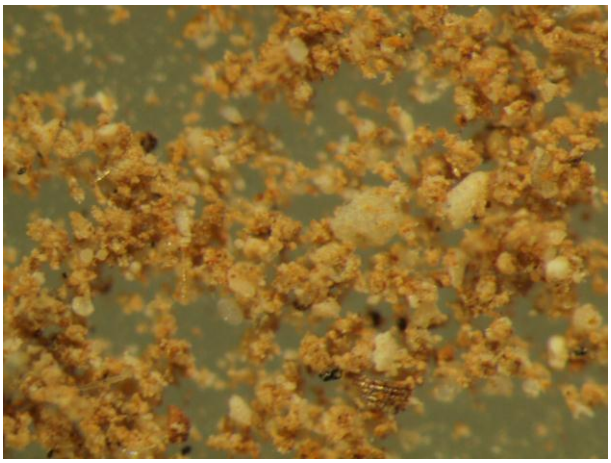
KW1-2



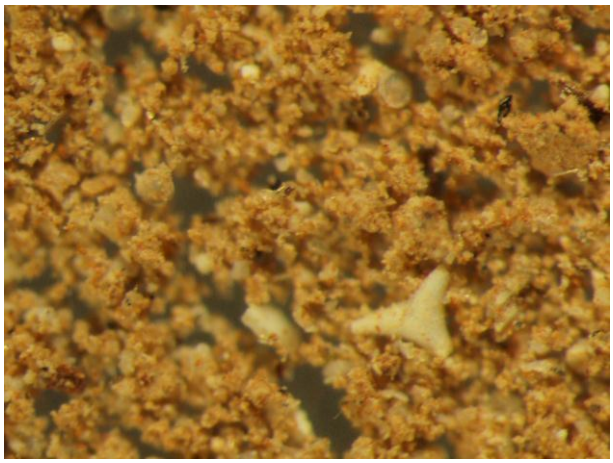
KW1-6

Matières en suspension collectée dans les godets KW1-2 et KW1-6 : Présence de nombreuses particules latéritiques de couleur brune, de débris végétaux terrestres arrachés aux bassins versants ainsi que de coraux et de tests de microorganismes marins plus ou moins fortement altérés.

La quantité de particules carbonatées est relativement importante malgré la proximité de l'embouchure de la Kwé.



NE-10



SW-10

Matières en suspension collectée dans les godets NE-10 et SW-10 : Présence de particules latéritiques en faible quantité et de très petite taille. Sédimentation de nombreux débris de tests de microorganismes marins imbriqués dans des substances organiques voire de micro-coquillages dans un état d'altération faible.

ANNEXE – 4

Résultats de calculs de concentrations en métaux totaux, calcium et soufre dans les MES de la Baie Kwé (KW1) et du Canal de la Havannah station (SW60).

PERIODE DE COLLECTE	ECHANTILLON	Ca (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
12-15 septembre	**KW1-1**	248829	129	4540	129942	964	2226
16-19 septembre	**KW1-2**	252330	124	4615	127216	986	1845
20-23 septembre	**KW1-3**	268160	111	3955	115017	865	1679
24-27 septembre	**KW1-4**	275216	106	3809	109907	828	1727
28 sept-2 octobre	**KW1-5**	274130	97	3529	102466	755	1732
2-5 octobre	**KW1-6**	258196	110	4461	115876	895	1955
6-9 octobre	**KW1-7**	265087	118	4299	120689	904	2040
10-13 octobre	**KW1-8**	262078	112	4094	118090	866	2022
14-17 octobre	**KW1-9**	262094	103	3706	110501	862	1872
18-21 octobre	**KW1-10**	271036	90	3285	99484	757	1677
22-25 octobre	**KW1-11**	264863	84	3031	93391	688	1557
26-29 octobre	**KW1-12**	270613	85	3164	96818	711	1613

PERIODE DE COLLECTE	ECHANTILLON	Ca (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
12-15 septembre	**NE60-1**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
16-19 septembre	**NE60-2**	373441	22	566	16280	142	255
20-23 septembre	**NE60-3**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
24-27 septembre	**NE60-4**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
28 sept-2 octobre	**NE60-5**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-5 octobre	**NE60-6**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6-9 octobre	**NE60-7**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10-13 octobre	**NE60-8**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14-17 octobre	**NE60-9**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
18-21 octobre	**NE60-10**	346787	32	573	19679	186	410
22-25 octobre	**NE60-11**	332048	29	535	17777	170	333
26-29 octobre	**NE60-12**	331397	33	591	19652	257	380

PERIODE DE COLLECTE	ECHANTILLON	Ca (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
12-15 septembre	**SW60-1**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
16-19 septembre	**SW60-2**	328515	17	637	18949	162	306
20-23 septembre	**SW60-3**	297152	23	618	18781	185	366
24-27 septembre	**SW60-4**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
28 sept-2 octobre	**SW60-5**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-5 octobre	**SW60-6**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6-9 octobre	**SW60-7**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10-13 octobre	**SW60-8**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14-17 octobre	**SW60-9**	nd	nd	nd	nd	nd	nd
18-21 octobre	**SW60-10**	37	572	18304	169	369	37
22-25 octobre	**SW60-11**	31	547	17810	182	361	31
26-29 octobre	**SW60-12**	31	624	20772	208	411	31

nd = non déterminée en raison du manque de masse collectée

STATION	Soufre (mg/kg)	STATION	Soufre (mg/kg)
SW60-2	3087	NE60-2	nd
SW60-10	3421	NE60-10	nd
SW60-11	nd	NE60-11	3093
SW60-12	3452	NE60-12	2908

nd = non déterminée en raison du manque de masse collectée

ANNEXE – 5

Résultats de calculs de densités de flux de matière particulaire (MES) et métaux pour la Baie Kwé (St06-KW1) et le Canal de la Havannah (St60-NE et St60-SW).

MES

PERIODE DE COLLECTE	STATION	Flux MES (g/m²/j)	STATION	Flux MES (g/m²/j)	STATION	Flux MES (g/m²/j)
12-15 septembre	KW1-1	19,8	NE60-1	1,36	SW60-1	1,34
16-19 septembre	KW1-2	30,3	NE60-2	6,56	SW60-2	4,76
20-23 septembre	KW1-3	16,4	NE60-3	0,59	SW60-3	1,02
24-27 septembre	KW1-4	15,0	NE60-4	0,10	SW60-4	0,55
28 sept-2 octobre	KW1-5	25,3	NE60-5	0,38	SW60-5	0,34
2-5 octobre	KW1-6	44,1	NE60-6	0,49	SW60-6	0,81
6-9 octobre	KW1-7	17,9	NE60-7	0,57	SW60-7	1,12
10-13 octobre	KW1-8	16,4	NE60-8	1,15	SW60-8	1,26
14-17 octobre	KW1-9	59,1	NE60-9	3,39	SW60-9	1,84
18-21 octobre	KW1-10	28,4	NE60-10	6,88	SW60-10	19,21
22-25 octobre	KW1-11	21,6	NE60-11	17,75	SW60-11	18,84
26-29 octobre	KW1-12	22,5	NE60-12	10,02	SW60-12	16,32

Métaux particulaires

PERIODE DE COLLECTE ST06-KW1	Ca (mg/m²/j)	Co (mg/m²/j)	Cr (mg/m²/j)	Fe (mg/m²/j)	Mn (mg/m²/j)	Ni (mg/m²/j)
12-15 septembre	4 937	2,6	90,1	2 578	19,1	44,2
16-19 septembre	7 639	3,7	139,7	3 851	29,9	55,9
20-23 septembre	4 386	1,8	64,7	1 881	14,2	27,5
24-27 septembre	4 125	1,6	57,1	1 648	12,4	25,9
28 sept-2 octobre	6 929	2,4	89,2	2 590	19,1	43,8
2-5 octobre	11 398	4,8	196,9	5 115	39,5	86,3
6-9 octobre	4 740	2,1	76,9	2 158	16,2	36,5
10-13 octobre	4 292	1,8	67,0	1 934	14,2	33,1
14-17 octobre	15 490	6,1	219,0	6 531	50,9	110,6
18-21 octobre	7 691	2,6	93,2	2 823	21,5	47,6
22-25 octobre	5 709	1,8	65,3	2 013	14,8	33,6
26-29 octobre	6 093	1,9	71,2	2 180	16,0	36,3

PERIODE DE COLLECTE ST60-NE	Ca (mg/m²/j)	Co (mg/m²/j)	Cr (mg/m²/j)	Fe (mg/m²/j)	Mn (mg/m²/j)	Ni (mg/m²/j)
12-15 septembre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
16-19 septembre	2 452	0,14	3,71	106,9	0,93	1,67
20-23 septembre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
24-27 septembre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
28 sept-2 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-5 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6-9 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10-13 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14-17 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
18-21 octobre	2 384	0,22	3,94	135,3	1,28	2,82
22-25 octobre	5 892	0,51	9,49	315,5	3,02	5,91
26-29 octobre	3 321	0,33	5,92	196,9	2,57	3,81

PERIODE DE COLLECTE ST60-SW	Ca (mg/m²/j)	Co (mg/m²/j)	Cr (mg/m²/j)	Fe (mg/m²/j)	Mn (mg/m²/j)	Ni (mg/m²/j)
12-15 septembre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
16-19 septembre	1 564	0,08	3,03	90,2	0,77	1,46
20-23 septembre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
24-27 septembre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
28 sept-2 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-5 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6-9 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10-13 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14-17 octobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
18-21 octobre	6 329	0,70	10,98	351,5	3,25	7,08
22-25 octobre	6 134	0,59	10,30	335,5	3,43	6,80
26-29 octobre	5 304	0,51	10,18	339,0	3,39	6,70

nd = non déterminée en raison du manque de masse collectée

ANNEXE V

SYNTHESE DES DONNEES SUR LES ALGUES

2007 A 2012

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

SYNTHESE DES DONNEES « ALGUES » EN BAIE DE PRONY ET CANAL WOODIN ET DE LA HAVANNAH

Missions de 2007 à 2012

PROJET GORO NICKEL

VALE NOUVELLE CALEDONIE

SARL AQUA TERRA - Capital : 1 000 000 XPF
Adresse postale : BP 15559 - 98804 Nouméa - Adresse bureau : Immeuble Auer, 22 rue Auer à Ducos
Tél : (687) 23 33 22 - Tél. / Fax : (687) 43 05 32
RIDET : 813725.001 RIB : BCI 17499 00010 20200002012 39
Courriel : aquaterra@aquaterra-nc.com

Caractéristiques du dossier :

Référence du document		Rap 070-11_Ver 02
Référence du contrat		E40362 et E40363
Numéro de l'affaire		070-11
Client		Vale Nouvelle-Calédonie
Commune		Mont Dore
Coordonnées (WGS 84 UTM58)	**X**	696 000
	Y	7 528 000
Mots clés		projet Goro Nickel, macrophytes, algues, cyanobactéries, communautés récifales, biocénoses marines, suivis environnementaux, port

Suivi des modifications :

N° de version	Transmis à	Action / Etat	Date
00	Experts partenaires	Rapport remis (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture du fond	Mars 2013
	AQUA TERRA	En interne : pour relecture pour contrôle qualité	
01	VALE NC	Rapport final remis au Client (mail) pour validation	29 avril 2013
02	VALE NC	Rapport final remis au Client (CDRom)	Mai 2013

Les responsables du suivi des modifications sont :

Maître d'Ouvrage	Céline CASALIS (Vale NC)
Entreprise	Valérie VAILLET (AQUA TERRA)

N° Document	Émis-le	Par	Approuvé par	Le
Rap 070-11_Ver 00	Mars 2013	AQUA TERRA VV	Biocénose	Mars 2013
Rap 070-11_Ver 01	29 avril 2013	AQUA TERRA VV	Vale NC	30 avril 2013
Rap 070-11_Ver 02	03 mai 2013	AQUA TERRA VV		

Dans un souci constant de préserver l'environnement, nos rapports sont imprimés sur du papier certifié PEFC, en recto-verso et nos toners sont éliminés via une filière agréée.

Equipe de travail

Ce rapport présente la synthèse de 6 années de travail (de 2007 à 2012, 8 missions), au cours desquelles, le mandataire était la SARL AQUA TERRA, avec Valérie VAILLET comme chef de projet, avec l'aide d'experts scientifiques.
Pour la problématique de cette étude (les « algues »), les principaux intervenants étaient :

Pour AQUA TERRA :

- **Valérie VAILLET** : gérante de la société (Ingénierie de l'environnement et de la réhabilitation), ingénieur biologiste (DEA Océanographie biologique, Paris VI). Grande expérience en gestion de l'environnement et notamment à travers des campagnes d'échantillonnage sous-marin. A réalisé de nombreuses missions dans le cadre du suivi des communautés coralliennes pour le projet Goro Nickel. Plongeur niveau III.

Pour ces prestations: responsable logistique et technique ; échantillonnage du substrat (LIT) et traitement/analyses des résultats liés, photographie sous-marine ; synthèse des données, rédaction des rapports.

Pour BIOCENOSE MARINE :

- **Grégory LASNE** : gérant de la société (Etude environnementale marine), master recherche en Environnement Océanographique Littoral et Hauturier (Bordeaux I). Compétences reconnues pour la taxonomie corallienne et l'inventaire des biocénoses benthiques marines, ainsi que la description géomorphologique et environnementale de site sous marin. Plongeur niveau III, CAH IIB, Nitrox et TDI (recycleur).

Pour ces prestations: inventaire des communautés benthiques et particulièrement des coraux, ainsi que l'analyse des résultats liés ; description des habitats ; atlas photographique (photographies *in situ*).

Crédit photographique : Grégory Lasne pour Biocénose, Valérie Vaillet, pour AQUA TERRA

Table des Matières

EQUIPE DE TRAVAIL 3
TABLE DES MATIERES 4
LISTE DES TABLEAUX 5
LISTE DES FIGURES 6
LISTE DES CARTES 6
LISTE DES PHOTOS 6
1 PREAMBULE 7
2 METHODOLOGIE SUCCINCTE 8
2.1 ZONE D'ETUDE 8
2.1.1 Contexte général 8
2.1.2 Présentation des stations 8
2.1.2.1 Les stations 8
2.1.2.2 Les transects 10
2.2 LES ECHANTILLONNAGES / LE TRAITEMENT DES DONNEES 10
2.2.1 Protocole pour l'étude du substrat 10
2.2.2 Protocole pour l'étude du benthos 11
2.3 PERIODE D'ECHANTILLONNAGE 13
3 BIBLIOGRAPHIE 15
3.1 GENERALITES SUR LES MACROPHYTES 15
3.2 LES MACROPHYTES EN MILIEU CORALLIEN 15
3.2.1 La répartition bathymétrique 16
3.2.2 Influence de la fixation au substrat 16
3.2.3 Influence de l'hydrodynamisme 16
3.2.4 Influence de la température 17
3.2.5 Influence de la sédimentation 17
3.2.6 Influence de la profondeur 17
3.3 LES PRINCIPAUX GENRES DE MACROPHYTES DE LA ZONE D'ETUDE 17
3.3.1 Les algues vertes ou Chlorophytes 17
3.3.2 Les algues rouges ou Rhodophytes 18
3.3.3 Les algues brunes ou Chromophytes 20
3.4 PARTICULARITES DE LA ZONE D'ETUDE ET DES MACROPHYTES 21
3.4.1 Réserves marines et caractère unique de la zone 21
3.4.2 Risques d'introduction et de diffusion d'espèces exogènes 22
3.4.3 Menaces des macrophytes sur la diversité biologique 22
3.4.4 Les assemblages des biocénoses marines en équilibre avec les paramètres physico-chimiques du milieu 23
3.4.4.1 Canal de la Havannah et canal Woodin 23
3.4.4.2 Baie de Prony 23
3.5 LES CYANOBACTERIES 23
3.6 LES SAISONS EN NOUVELLE-CALEDONIE 24
3.7 FACTEURS CLIMATIQUES EXCEPTIONNELS EN NOUVELLE-CALEDONIE, SUR LA PERIODE D'ETUDE 25
3.7.1 Les facteurs environnementaux exceptionnels entre 2007 et 2012 25
3.7.2 Superposition des facteurs environnementaux 26
4 RESULTATS POUR LES MACROPHYTES 27
4.1 METHODE DU COULOIR 27
4.1.1 Analyse de variance 28
4.1.2 Test de Friedman 29
4.2 METHODE DU LIT 30
4.3 CONCLUSION (MACROPHYTES) 31
5 RESULTATS POUR LES ALGUES VERTES 34
5.1 ANALYSE DE VARIANCE (CHLOROPHYTES) 35
5.2 TEST DE FRIEDMAN (CHLOROPHYTES) 37
5.3 CONCLUSION (CHLOROPHYTES) 39
6 RESULTATS POUR LES ALGUES ROUGES 42
6.1 ANALYSE DE VARIANCE (RHODOPHYTES) 43
6.2 TEST DE FRIEDMAN (RHODOPHYTES) 45
6.3 CONCLUSION (RHODOPHYTES) 47

7 RESULTATS POUR LES ALGUES BRUNES 50
7.1 ANALYSE DE VARIANCE (CHROMOPHYTES) 51
7.2 TEST DE FRIEDMAN (CHROMOPHYTES) 53
7.3 CONCLUSION (CHROMOPHYTES) 55
8 RESULTATS POUR LES CYANOBACTERIES 58
8.1 METHODE DU COULOIR 58
8.2 METHODE DU LIT 58
8.3 CONCLUSION (CYANOBACTERIES) 63
9 CAS PARTICULIERS DES ESPECES EXOGENES / INVASIVES / ENVAHISSANTES 65
9.1 DEFINITIONS 65
9.2 ESPECES EXOGENES / INVASIVES 65
9.3 ESPECES ENVAHISSANTES 66
10 CONCLUSION 67
11 RECOMMANDATIONS / AMELIORATIONS 69
12 SOURCES 71

Liste des Tableaux

Tableau n°1 : Coordonnées des stations d'échantillonnage 9
Tableau n°2 : Caractéristiques des transects selon les stations 10
Tableau n°3 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique 12
Tableau n°4 : Code couleur pour la comparaison temporelle d'une même station 13
Tableau n°5 : Biodiversité α des macrophytes pour tous les transects à chaque mission 27
Tableau n°6 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects selon les missions 28
Tableau n°7 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes pour toutes les missions 29
Tableau n°8 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes pour toutes les missions 29
Tableau n°9 : Recouvrement en agrophytes (%) pour tous les transects à chaque mission 30
Tableau n°10 : Valeur de la richesse spécifique des algues vertes pour tous les transects à chaque mission 34
Tableau n°11 : Valeur d'abondance des algues vertes pour tous les transects à chaque mission 35
Tableau n°12 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des algues vertes pour tous les transects à chaque mission 36
Tableau n°13 : Analyse de la Variance de l'abondance des algues vertes pour tous les transects à chaque mission 36
Tableau n°14 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique et de l'abondance des algues vertes pour toutes les missions 38
Tableau n°15 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des algues vertes pour chaque mission 38
Tableau n°16 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de l'abondance des algues vertes pour chaque mission 39
Tableau n°17 : Valeur de la richesse spécifique des algues vertes pour tous les transects à chaque mission 42
Tableau n°18 : Valeur d'abondance des algues rouges pour tous les transects à chaque mission 43
Tableau n°19 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des algues rouges pour tous les transects à chaque mission 44
Tableau n°20 : Analyse de la Variance de l'abondance des algues rouges pour tous les transects à chaque mission 44
Tableau n°21 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique et de l'abondance des algues rouges pour toutes les missions 46
Tableau n°22 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des algues rouges à chaque mission 46
Tableau n°23 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de l'abondance des algues rouges à chaque mission 47

Tableau n°24 : Valeur de la richesse spécifique des algues brunes pour tous les transects à chaque mission 50
Tableau n°25 : Valeur de l'abondance des algues brunes pour tous les transects à chaque mission 51
Tableau n°26 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des algues brunes pour tous les transects à chaque mission 52
Tableau n°27 : Analyse de la Variance de l'abondance des algues brunes pour tous les transects à chaque mission 52
Tableau n°28 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique et de l'abondance des algues brunes pour toutes les missions 54
Tableau n°29 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des algues brunes à chaque mission 54
Tableau n°30 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de l'abondance des algues brunes à chaque mission 55
Tableau n°31 : Recouvrement en cyanobactéries (%) pour tous les transects à chaque mission 59

Liste des Figures

Figure n°1 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes 29
Figure n°2 : Richesse spécifique des algues pour toutes les transects, à chaque mission 32
Figure n°3 : Recouvrement des macrophytes (%), pour tous les transects, à chaque mission 33
Figure n°4 : Valeurs de la richesse spécifique moyenne et de l'abondance moyenne des algues vertes 37
Figure n°5 : Abondance (échelle 1 à 5) des algues vertes (tous transects, à chaque mission) 41
Figure n°6 : Valeur de la richesse spécifique moyenne et de l'abondance moyenne des algues rouges 45
Figure n°7 : Abondance (échelle 1 à 5) des algues rouges (tous transects, à chaque mission) 49
Figure n°8 : Valeurs de la richesse spécifique moyenne et de l'abondance moyenne des algues brunes 53
Figure n°9 : Abondance (échelle 1 à 5) des algues brunes (tous transects, à chaque mission) 57
Figure n°10 : Abondance des cyanobactéries pour tous les transects, à chaque mission (Radar) 60
Figure n°11 : Abondance des cyanobactéries pour tous les transects, à chaque mission (Histogramme) 61
Figure n°12 : Recouvrement (%) des cyanobactéries, pour tous les transects, en cumulé pour toutes les missions 62

Liste des Cartes

Carte n°01 : Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT) 8
Carte n°02 : Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth) 9

Liste des Photos

Photo n°1 : Halimeda sp. 18
Photo n°2 : Caulerpa sp. 18
Photo n°3 : Asparagopsis sp. 19
Photo n°4 : Corallines 20
Photo n°5 : Trichogloea requienii 20
Photo n°6 : Sargassum sp. 20
Photo n°7 : Lobophora variegata 21
Photo n°8 : Padina sp. 21
Photo n°9 : Tapis de cyanobactéries filamenteuse (Phormidium sp.) et en forme de pompon (Symploca hynoides) 24

Crédit photographique : Grégory Lasne pour Biocénose, Valérie Vaillet pour AQUA TERRA.
Photographies aériennes : Google Earth

1 Préambule

La société Goro Nickel S.A.S. a réalisé un "état de référence" des habitats coralliens en 2005 dans le cadre de l'application de l'arrêté d'autorisation de mise en fonctionnement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n° 1769-2004/PS du 15 octobre 2004.

Suite à la transmission des résultats de l'étude, la Direction de l'Environnement (DENV) a émis un certain nombre de commentaires notamment sur la méthodologie employée et a demandé à la société Goro Nickel SAS d'organiser un atelier de travail spécifique afin d'établir un protocole de référence pour le suivi temporel futur des communautés marines.
Suite à cet atelier de travail (le 3 mars 2006, avec la participation des experts institutionnels (Institut de Recherche pour le Développement, Université de Nouvelle Calédonie, Commission du Pacifique Sud) et des bureaux d'études locaux) une démarche méthodologique d'échantillonnage et d'analyse (issue notamment des travaux de English et al. [01]) a été proposée au regard des objectifs fixés.
Un programme détaillé pour réaliser le suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés sur un ensemble de 11 stations de mesures prédéfinies et suivant le protocole d'échantillonnage et les méthodes d'analyse validés à l'issue de l'atelier de travail précité a donc été rédigé pour servir de cahier des charges (cf. *méthodologie présentée dans chaque rapport de suivi*).

La société Goro Nickel S.A.S., puis Vale Inco Nouvelle-Calédonie et dernièrement Vale Nouvelle-Calédonie, a alors fait réaliser une nouvelle campagne en septembre 2007 [02], en octobre 2008 [03], en juin 2009 [04], en mars-avril et septembre 2010 [05, 06], en mars et septembre 2011 [07, 08] puis en mars-avril 2012 [09] sur la base de ce cahier des charges, dans le cadre de la mise en place d'une base de données en vue d'une surveillance du milieu marin au démarrage de l'usine Goro Nickel.

L'objectif de cs études est d'effectuer un suivi de l'état des communautés coralliennes sur un ensemble de stations de mesures afin d'alimenter une base de données qui permettra de :

- Evaluer la variabilité naturelle des stations et d'optimiser l'effort d'échantillonnage par une étude de puissance ;
- Suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles du projet Goro Nickel.

Ce suivi se fait à travers l'échantillonnage de 3 thèmes :

- l'habitat (le substrat),
- les macro-invertébrés épibenthiques (simplifié par la suite en « benthos »),
- les poissons.

Ce rapport présente une synthèse des résultats des campagnes réalisées entre 2007 et 2012 (soit 8 missions) en ce qui concerne les algues (données extraites des échantillonnages substrat et benthos).

Le Mandataire pour toutes ces études était la SARL AQUA TERRA, représentée par Valérie VAILLET, aidé par deux partenaires majeurs : ACREM pour la partie Ichtyologique et BIOCENOSE MARINE pour la partie Benthique[1].

Dans ce rapport, une partie des données ou commentaires généraux de BIOCENOSE MARINE (benthos) est reprise.
Par ailleurs, ses résultats sont retranscrits intégralement, sous sa responsabilité, dans les paragraphes concernés.

[1] Les données fournies par ces deux sociétés, le sont sous leur entière responsabilité. La SARL AQUA TERRA ne peut être tenue à une quelconque implication dans leurs résultats.

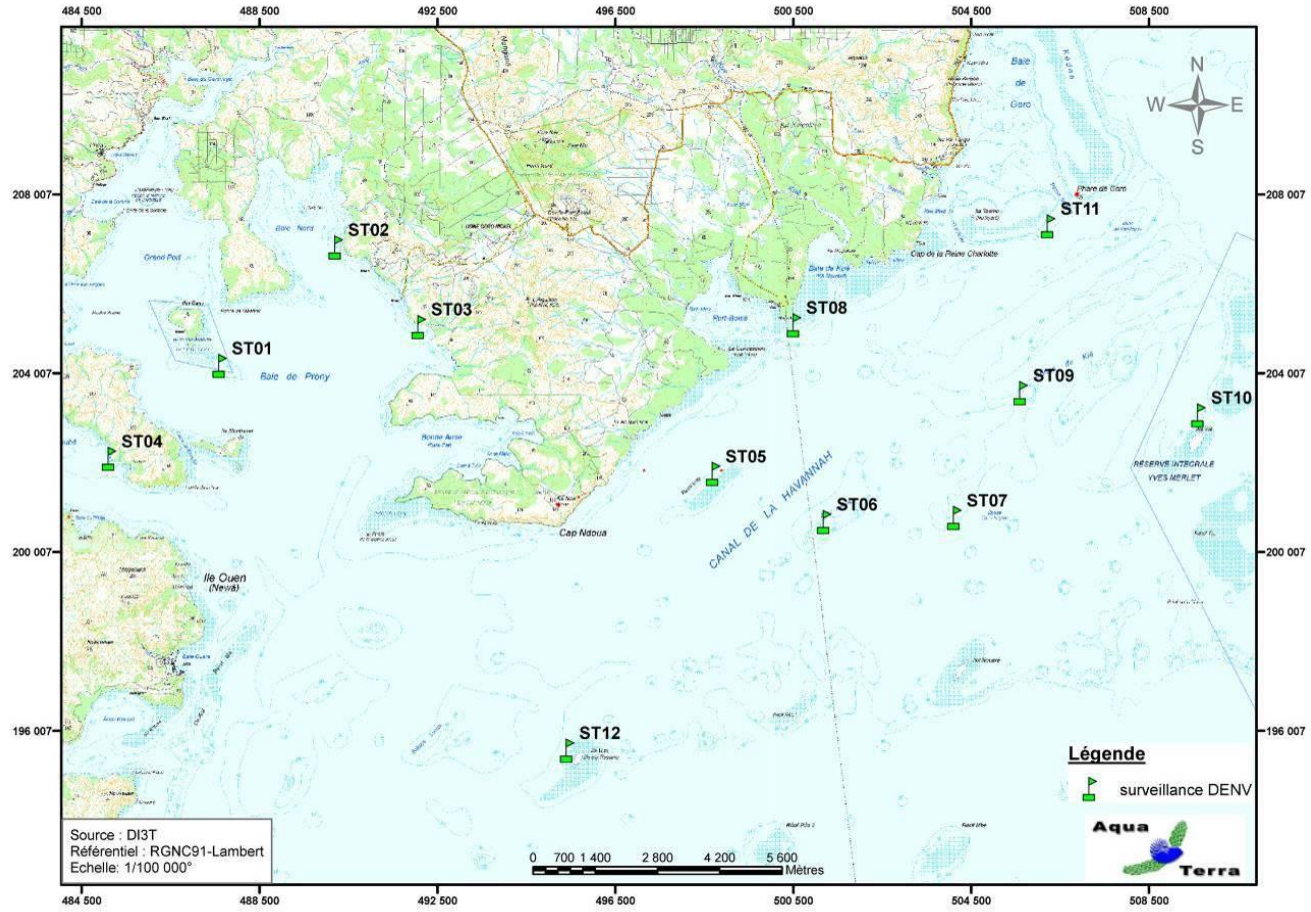
2 Méthodologie succincte

Les méthodologies appliquées dans le cadre de ces études ont rigoureusement respecté le cahier des charges élaboré sous contrôle de la DENV et fourni par Vale Nouvelle-Calédonie.
Le cahier des charges détaillé peut être consulté dans chaque rapport de mission.

2.1 Zone d'étude

2.1.1 Contexte général

La zone d'étude générale comprend la zone principale du lagon pouvant être influencée par le projet (de manière directe ou indirecte) ainsi que des stations de référence.
C'est donc, dans le Sud de la Grande Terre : la baie de Prony, le canal Woodin et le canal de la Havannah.
Le contexte géographique général est présenté sur la carte 01.



Carte n°01 : Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT)

2.1.2 Présentation des stations

2.1.2.1 Les stations

Au début, l'étude portait sur les 11 stations de mesures prédéfinies.
A partir de la campagne de juin 2009, à la demande de la tribu de l'île Ouen, une station supplémentaire (ST12, Ugo) a été ajoutée.
Les 12 stations sont donc localisées ainsi :

- 7 + 1 = 8 stations dans le canal de la Havannah,
- 3 stations dans la baie du Prony,
- 1 station à l'entrée du canal Woodin.

Les coordonnées de ces stations sont données dans le tableau 01.
Elles avaient été fournies dans le cahier des charges et elles ont été vérifiées sur le terrain par un GPS (Garmin GPSmap 60CSx), dont la précision est métrique. Le cas échéant, elles ont été reprises et affinées et sont donc modifiées dans ce tableau (cellules grisées) par rapport à celles d'origines (du cahier des charges).
Par défaut, elles correspondent au piquet de départ (0 mètre) du transect A.

Tableau n°1 : Coordonnées des stations d'échantillonnage

			Coordonnées (RGNC 91)	
STATIONS			LONGITUDE	LATITUDE
Baie de Prony	Ilot Casy	01	166°51.033	22°21.799
	Creek Baie Nord	02	166°52.546	22°20.356
	Port	03	166°53.639	22°21.312
Canal Woodin	Woodin	04	166°49.593	22°22.933
Canal de la Havannah	Récif Ioro	05	166°57.507	22°23.072
	Banc Ionontea	06	166°58.995	22°23.650
	Basse Chambeyron	07	167°00.671	22°23.591
	Récif pointe Puka	08	166°58.554	22°21.264
	Bancs de Kié	09	167°01.529	22°22.070
	Ilot Kié	10	167°03.862	22°22.324
	Récif Toémo	11	167°01.875	22°20.046
	Ugo	12	166°55.615	22°26.438

Les stations sont positionnées sur la photographie aérienne en carte 02.



Carte n°02 : Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth)

2.1.2.2 Les transects

En accord avec le cahier des charges de la méthodologie générale applicable pour le projet Goro Nickel et adapté aux caractéristiques morphologiques des stations, plusieurs transects ont été définis, comme décrits dans le tableau 02.

Le cahier des charges prévoit de travailler sur des transects (ligne) de 20 mètres de long.
Ainsi, à chaque station, trois transects de 20 m sont positionnés, en fonction de la profondeur :

- sur le haut du tombant (noté A),
- sur le milieu du tombant (noté B),
- sur le bas du tombant (mais au maximum à 20 m de profondeur, et à l'exclusion des zones de vase et dans ce cas, le transect est effectué avant la zone de vase) (noté C).

Quatre stations n'ont que 2 transects (ST01, ST02, ST08 et ST12) et la profondeur de chacun des transects (tableau 02) provient des relevés effectués lors de la présente mission.

Tableau n°2 : Caractéristiques des transects selon les stations

STATION	LOCALISATION	NOMBRE DE TRANSECTS	PROFONDEUR (m) DES TRANSECTS		
			A	B	C
01	Ilot Casy	2	7	10	-
02	Creek Baie Nord	2	10	12	-
03	Port	3	5	10	13
04	Woodin	3	4	11	21
05	Récif Ioro	3	5	10	20
06	Banc Ionontea	3	9	15	21
07	Basse Chambeyron	3	7	17	22
08	Récif pointe Puka	2	9	12	-
09	Bancs de Kié	3	7	17	20
10	Ilot Kié	3	10	16	21
11	Récif Toémo	3	6	11	20
12	Ugo	2	5	13	-

Pour matérialiser les transects, 3 piquets permanents ont été positionnés sur chacun : au départ, soit 0 m ; à 10 m et à la fin, soit 20 m. Par ailleurs un 2ème piquet a été posé au point 0 m du 1er transect (le plus haut).

Par mesure de commodité, dans la suite du rapport, les photos, figures etc. seront notées en abrégé par rapport à leur situation : le numéro de la station, la lettre du transect et le chiffre (en romain) de la longueur par rapport au ruban. Ainsi une photo prise sur le piquet de fin (à 20 m de distance) du transect du milieu de la station de Casy, sera abrégée en : ST01BXX.

2.2 Les échantillonnages / le traitement des données

2.2.1 Protocole pour l'étude du substrat

L'analyse temporelle doit permettre de montrer les variations entre les pourcentages de couverture corallienne, de végétaux, d'éponges, ….
Les pourcentages de substrat biotique et de substrat abiotique doivent aussi bien être mis en évidence.

Pour cela, c'est la méthode dite « LIT » qui a été appliquée.
La méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [01] est largement utilisée par les experts locaux pour l'évaluation de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés.

Cette méthode est dite à points fixes car seules les espèces et le substrat sous le transect sont notés.
Cette méthode permet d'évaluer la variabilité du substrat (suivi environnemental tous les semestres et/ou tous les ans). Cependant le LIT n'est pas représentatif de la biodiversité de la zone car les données prisent en compte sont exclusivement celles sous le ruban.

L'évaluation du substrat a été faîte le long du transect (sous le ruban) selon le principe des classes continues, avec une résolution de 10 cm.

Les classes retenues (au nombre de 28) sont adaptées de celles préconisées par English et al. [01] pour le « Line Intersept Transect » (« life forms »).



Une vidéo de chaque transect, ainsi que des photographies des objets représentatifs, ont été effectuées à des fins de stockage, permettant de revenir ultérieurement de façon qualitative sur des variations ayant été démontrées quantitativement avec le LIT.

Le principe d'échantillonnage par LIT est de noter à chaque changement de catégorie de substrat (= classe) la distance donnée par le ruban. La différence entre deux points de transition est alors la "longueur" correspondante à cette catégorie.
Le traitement consiste alors à faire le calcul du pourcentage de recouvrement de chaque classe, qui est obtenu par la somme de "ses longueurs" divisée par la longueur du substrat multipliée par 100.
Les classes qui sont au nombre de 28 ont été regroupées en 12 principales composantes afin de pouvoir simplifier les interprétations.
Ces composantes reprennent les groupes biotiques (coraux scléractiniaires, autres coraux, alcyonaires, autres organismes, algues, algues sur corail mort) ainsi que le matériel composant le substrat (corail mort, débris, sable, dalle, vase, eau).
Elles ont alors été exprimées en pourcentage pour chaque transect et présentées sous forme de graphique pour permettre une comparaison visuelle rapide.

Selon ce protocole, les macrophytes ne sont détaillées que sous 5 catégories/classes, regroupées en 1 seule composante (« Algue »):

- Assemblage algal,
- Algues calcaires,
- Halimeda,
- Macroalgues,
- Algues filamenteuses (catégorie où les cyanobactéries, non prévues à la base dans le protocole de English et al. ont été comptabilisées et sont les seules représentantes).

Nota bene : Il n'est donc pas fait de distinction avec ce protocole entre les 3 grands différents groupes d'algues (cf. § 3.1 : Chlorophytes, Rhodophytes et Chromophytes). Les résultats concernent les macrophytes dans leur ensemble, avec une précisison possible pour les cyanobactéries.

2.2.2 Protocole pour l'étude du benthos

Cet échantillonnage doit permettre de quantifier la richesse spécifique (biodiversité) et de montrer si des changements ont lieu sur **des taxons cibles**.

Pour cela, c'est la méthode d'observation sur couloirs qui a été appliquée.
Le couloir fait une largeur de 5 mètres (2.5 mètres de part et d'autre de chaque transect de 20 mètres de longueur).
Cette méthode donne une bonne représentation des communautés benthiques (inventaires faunes et flores) et du substratum (description géomorphologique) car une zone importante est prospectée et étudiée (100 m² pour chaque transect soit 300 m² par station théorique).
L'échantillonnage des stations comprend les communautés biotiques (les coraux scléractiniaires, les macrophytes et les invertébrés) et le substratum.

Selon le cahier des charges initial, les taxons cibles retenus sont :

- les algues et phanérogames (présence / absence), à déterminer au niveau du genre,
- les étoiles de mer, les oursins et les holothuries (densité), à déterminer au niveau de l'espèce,
- les crinoïdes (présence / absence),
- les cliones (densité),
- les bénitiers et les trocas (densité).

Du fait du niveau d'expertise du biologiste plongeur, par rapport au cahier des charges, le travail a été approfondi, et l'échantillonnage a été en fait le plus exhaustif possible (tous les organismes benthiques et non que les taxons cibles), avec une détermination au niveau taxonomique le plus bas possible.
Par contre, la densité en organisme dans une zone d'étude étendue est difficile à évaluer précisément et peut conduire à de nombreuses erreurs. Afin de simplifier les opérations sous-marines et d'éviter les erreurs d'abondance, une échelle de recouvrement de 1 à 5 (tableau 03) a été mise en place au sein des groupes faunistiques suivant :

- Scléractiniaires (coraux) à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Algues à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Spongiaires et ascidies à l'échelle du genre et si possible de l'espèce.
- Bénitiers, trocas à l'échelle du genre.
- Echinodermes (étoiles de mer, oursins, holothuries, crinoïdes) à l'échelle du genre.

Cette échelle d'abondance a été modifiée par rapport à l'échelle d'abondance de English et al, 1997 [01]. Elle a été élaborée afin de caractériser l'abondance spécifique ou générique des biocénoses marines. Ainsi les pourcentages de recouvrement ont été réduits pour les indices (numéroté de 1 à 5) afin de pouvoir décrire les scléractiniaires, les macrophytes et les invertébrés sur l'ensemble de l'échelle.

Tableau n°3 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique

ECHELLE	RECOUVREMENT	ABONDANCE (nb individus ou colonies / 100 m²)
1	Rare	1
2	Faible	2 à 10
3	Moyen	11 à 20
4	Fort	21 à 41
5	Important	plus de 41

Des photographies et des vidéos ont été réalisées afin d'illustrer les observations terrain.

La recherche de paramètres écologiques types (et représentatifs) ont été réalisés sur les taxons cibles :

- listing au niveau taxinomique demandé,
- richesse spécifique (le cas échéant),
- diversité,
- densité,
- abondance relative.

Ces résultats ont été comparés entre les transects et les stations.
Par ailleurs, afin de pouvoir évaluer rapidement le changement d'état d'une station d'une mission à une autre (recrutement, mortalité, blanchissement et abondance), un code couleur simple à été établi, comme décrit dans le tableau 04.

Tableau n°4 : Code couleur pour la comparaison temporelle d'une même station

Nouvelle espèce recensée	Recrutement si la colonie est juvénile et/ou nouvelle espèce recensée dans le couloir ou la zone prospectée par rapport à la dernière mission
Mortalité	Espèce absente dans le couloir par rapport à la dernière mission
Blanchissement	Espèce influencée par le blanchissement et de couleur blanche
Recolonisation zooxanthelles	Colonie en cours de recolonisation par les zooxanthelles (couleur pâle) Elle présente de grandes chances de survie
Espèce cible	Espèce cible (biocénose hors coraux)
Mobilité	Espèce corallienne absente mais non comptabilisée en « mortalité » car mobile et l'exosquelette n'a pas été retrouvé dans la station
Echelle (1 à 5)	Augmentation de l'abondance par rapport à la dernière mission
Echelle (1 à 5)	Diminution de l'abondance par rapport à la dernière mission
Echelle (1 à 5)	Pas de changement de l'abondance par rapport à la dernière mission

Ce protocole permet donc d'obtenir des données de précision au niveau de la richesse spécifique et de l'abondance de chaque taxon.
Les résultats obtenus sont donc présentés ici pour les macrophytes dans leur ensemble, mais aussi pour les 3 grands différents groupes d'algues (cf. § 3.1 : Chlorophytes, Rhodophytes et Chromophytes) ainsi que pour les cyanobactéries.

Nota Bene sur la précision du protocole :
L'étude de la biodiversité des macrophytes n'est pas réalisée de manière exhaustive :

- Les macrophytes sont déterminés au niveau du genre (et sporadiquement au niveau de l'espèce quand cela est possible *in situ*), car il faudrait systématiquement faire des prélèvements *in situ* afin de déterminer au niveau de l'espèce les macrophytes présents pour chaque niveau bathymétrique (constitution d'herbier et analyses ADN nécessaire pour un inventaire spécifique).
- Se sont les taxons les plus abondants et les plus représentatifs de chaque biotope qui sont relevés (certains trop petits ou trop peu représentés peuvent ne pas être observés),
- avec une échelle semi quantitative (1 à 5) pour une surface de 100m².

Nota Bene pour la station Ugo:
Pour les missions 2007 et 2008, la station Ugo (ST12) n'était pas encore échantillonnée, c'est donc la valeur moyenne des missions suivantes qui a été intégrée dans les différents calculs.

2.3 Période d'échantillonnage

L'inventaire des macrophytes a été réalisé à travers les différentes campagnes de suivi de la zone d'étude.
Les résultats présentés ici sont ceux des échantillonnages réalisés entre 2007 et 2012, à savoir 8 campagnes, comme suit :

- août 2007 (échantillonnages entre le 16 et le 30 août et la station ST03 le 19 septembre),
- octobre 2008 (du 20 au 29 octobre),
- juin 2009 (du 04 au 12 juin),
- mars 2010 (du 25 mars au 09 avril),
- septembre 2010 (du 14 au 29 septembre),
- mars 2011 (du 22 mars au 1er avril),
- septembre 2011 (du 25 septembre au 06 octobre),
- mars 2012 (du 29 mars au 06 avril).

Nota Bena sur le pas d'échantillonnage :
Depuis mars 2010, les échantillonnages sont réalisés avec un pas de temps semestriel.

La richesse spécifique et l'abondance des algues sont très variables dans l'année et dans le temps et dépendent :

- du cycle de développement des espèces,
- des variations des paramètres environnementaux (saisonnalité),
- du degré d'exposition des récifs par rapport aux agents hydrodynamiques,
- ainsi que des facteurs environnementaux exceptionnels tels que les évènements dépressionnaires et les phénomènes climatiques.

La périodicité d'échantillonnage « pas de temps semestriel » n'est donc pas adapté pour l'étude des algues car la grande variabilité interspécifique au cours de l'année ne permet pas d'enregistrer les amplitudes maximales et minimales, ni les variations de diversité et d'abondance. Les différents genres de macrophytes ne sont pas callés sur les mêmes rythmes de développement et leur durée de vie est variable d'un genre à l'autre. De plus, deux saisons principales (chaude et fraiche) sont observées en Nouvelle-Calédonie, mais la transition entre ces deux saisons n'est pas toujours évidente à distinguer car elles s'entrecroisent avec deux autres périodes ou saisons (sèche et humide).

Cependant, ces relevés permettent d'évaluer les tendances d'abondance pour chaque mission pour les genres d'algues vertes (Chlorophytes), d'algues rouges (Rhodophytes) et d'algues brunes (Chromophytes). Et surtout d'appréhender dans le temps, si certains genres ou espèces deviennent envahissants ou invasifs par rapport au reste des communautés coralliennes.

3 Bibliographie

3.1 Généralités sur les macrophytes

Les algues sont des organismes uni ou pluricellulaires qui font partie du règne végétal. De ce fait, elles « pratiquent » la photosynthèse. Ce processus photochimique permet la synthèse de substances non organiques complexes grâce à la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique.
L'énergie lumineuse est captée par des pigments.

Chaque pigment est adapté à des conditions de luminosité particulière.
Ainsi les pigments rouges et bruns absorbent plus facilement les spectres bleus et verts de la lumière et sont donc adaptés à une faible luminosité. Les pigments verts, quant à eux, absorbent le rouge qui n'est présent que proche de la surface.
Les conditions de la luminosité variant en fonction de la profondeur cela induit un étagement des espèces, selon leur composition pigmentaire notamment.

La classification des algues a été décidée en fonction de la nature des pigments qu'elles possèdent :
- les algues vertes (Chlorophytes),
- les algues rouges (Rhodophytes),
- les algues brunes (Chromophytes).

Les algues vertes ou Chlorophytes

Elles désignent un ensemble d'algues dont les pigments photosynthétiques principaux sont les chlorophylles a et b. Comme leur nom l'indique, les algues vertes sont de couleur verte (ex : *Halimeda*, *Caulerpa*, *Codium*, *Chlorodesmis*, …).

Les algues rouges ou Rhodophytes

Se sont un grand groupe d'algues pour la plupart sont marines et pour multicellulaires (et le plus souvent fixées sur les rochers, les coquillages ou d'autres algues). Elles sont caractérisées par une composition pigmentaire avec un seul type de chlorophylle (la chlorophylle a), des caroténoïdes et des pigments caractéristiques (les phycobiliprotéines). Comme leur nom l'indique, les algues rouges sont de couleur rouge (ex : *Asparagopsis*, *Trichogloea*, *Gibsmithia*, *Plocamium*, *Actinotrichia*, *Peyssonnelia*, …).
Les algues calcaires ou corallines sont également des algues rouges de l'ordre des Corallinales. Elles sont caractérisées par un thalle qui est dur en raison des dépôts calcaires contenus dans les parois cellulaires. Les couleurs de ces algues sont le plus souvent roses, ou une autre nuance de rouge, mais d'autres espèces peuvent être violettes, jaune, bleue, blanc ou gris-vert. Les algues calcaires jouent un rôle important dans l'écologie des récifs coralliens car elles constituent une part importante de nourriture pour de nombreux organismes marins (oursins, poissons perroquets, mollusques…).

Les algues brunes ou Chromophytes

Aussi nommées Phaeophyceae, sont des algues qui utilisent comme pigment collecteur de lumière de la chlorophylle c plus un pigment brun : la fucoxanthine (ex : *Sargassum*, *Padina*, *Dictyota*, *Lobophora*, *Turbinaria*, …).

3.2 Les macrophytes en milieu corallien

Une des caractéristiques du monde corallien est l'apparente pauvreté en macrophytes sur et autour des récifs. Cependant, malgré un manque d'exubérance de sa végétation sous-marine, le milieu corallien et récifal est le domaine privilégié de la vie benthique. Tous les groupes biologiques et en particulier les algues y ont trouvé une possibilité d'adaptation [10, 11].

La compétition pour l'espace avec de nombreux autres organismes fixés (coraux, spongiaires, alcyonaires, …) et les teneurs en éléments nutritifs, mais aussi pour une large part le broutage des poissons herbivores (1/4 de la faune ichtyologique) et des invertébrés (mollusques et échinodermes) comptent parmi les facteurs contrôlant le développement des végétaux.

En broutant de manière sélective, les poissons contrôlent la diversité spécifique des algues. Mais ils n'agissent pas seulement en tant que facteurs limitant, ils peuvent aussi favoriser le développement de certaines algues. En effet, certaines espèces de la famille des Pomacentridés, qui ont un comportement territorial et se nourrissent aussi d'algues benthiques, maintiennent leur territoire hors de la prédation et favorisent la croissance de turf algal qui forment alors un gazon dense.
Par leur potentiel de régénération, leurs systèmes de défense chimique, leur coopération avec d'autres organismes, les algues montrent une très bonne faculté d'adaptation au milieu.

La durée de vie d'une algue est variable :

- Elle peut être courte avec une succession rapide de générations. Dans ce cas, l'algue apparaît en saison favorable en alternance avec une génération microscopique en saison défavorable.
- Elle peut être longue, mais la durée de vie exacte des algues n'est pas connue (sauf pour quelques fucales et laminariales).

3.2.1 La répartition bathymétrique

Les algues occupent à peu près tous les milieux dès lors qu'ils sont éclairés et humides, toutefois leur répartition bathymétrique est limitée par leur capacité photosynthétique (selon leurs pigments).
Dans les zones tropicales, certaines algues (Corallinacées) ont été récoltées jusqu'à 268 mètres de profondeur (Bahamas) ; toutefois, c'est dans les premiers 30 mètres qu'elles sont les plus abondantes et les plus diversifiées.

3.2.2 Influence de la fixation au substrat

Les algues pluricellulaires vivent généralement fixées au substrat et constituent les algues benthiques, que l'on oppose aux formes unicellulaires libres du plancton. Le cas le plus remarquable de grandes algues flottantes est celui des Sargasses (algue brune du genre *Sargassum*) qui forment des radeaux flottants pour se disperser et dans une moindre mesure l'algue brune du genre *Turbinaria*.
Le cas tout aussi remarquable d'algue unicellulaire prisonnière du substrat est celui des zooxanthelles, algues qui vivent en symbiose avec les coraux.

D'une manière générale, tout substrat solide inerte ou vivant peut être colonisé par des algues dès lors que sa longévité est suffisante. On parle d'algues épiphytes lorsqu'elles sont fixées sur d'autres algues, d'épizoïques lorsqu'elles vivent sur un animal et d'endolithes quand elles s'installent dans les substrats calcaires qu'elles perforent.
La nature du substrat intervient dans la répartition des espèces par sa structure et sa texture.
Quel que soit le type de substrat, son degré de cohésion (stabilité) joue un rôle fondamental dans la durée de la fixation. C'est ainsi que les zones de substrats meubles soumis à un fort hydrodynamisme ne supportent jamais d'importantes populations d'algues.

3.2.3 Influence de l'hydrodynamisme

L'agitation de l'eau, due aux variations du niveau de la mer, aux courants et à la houle, crée des forces variant en fonction de son intensité, aussi les organismes sont-ils sélectionnés sur leur capacité à résister aux forces d'arrachement. La zone de balancement des marées et de vagues constitue l'étage supérieur du système récifal, domaine privilégié des algues brunes photophiles et des algues rouges calcifiées. Le degré d'exposition des habitats à l'hydrodynamisme conduit à distinguer les milieux du mode battu au mode calme. En règle générale, le fort hydrodynamisme sélectionne les espèces aux larges crampons à la base des axes et dont la texture des thalles est relativement coriace mais flexible (*Sargassum*), ou encore les formes encroûtantes molles (*Lobophora variegata*) ou calcifiées (Corallinacées). Ces accommodations se traduisent souvent pour une espèce donnée par des variations morphologiques tel le nanisme (*Turbinaria*, *Sargassum*).
De même, chez les algues rouges calcifiées, les formes encroûtantes massives abondent dans les milieux très

battus (crête récifale), tandis que les formes lamelleuses caractérisent plutôt les modes calmes ou abrités. Les structures ramifiées présentent une grande variété de formes et de taille des branches mais on note une diminution des branches avec la force du courant.

3.2.4 Influence de la température

Les algues connaissent généralement leur maximum d'abondance vers la fin de 1'été, au moment où les températures de 1'eau ambiante atteignent leurs plus hauts niveaux annuels. La température de 1'eau affecte directement la croissance des algues [12] en contrôlant les taux de photosynthèse et de respiration [29], et indirectement en restreignant la quantité d'oxygène dissous disponible dans 1'eau. Bien que les réactions thermiques des algues en culture soient assez bien connues [13], peu de travaux ont porté sur les effets de chocs thermiques brusques. A contrario, le phytoplancton est un groupe d'organismes habituellement considéré comme résistant aux stress thermiques (forme de vie simple, temps de régénération courts).

3.2.5 Influence de la sédimentation

La construction des récifs peut être considérablement perturbée par d'abondants apports terrigènes au fond des baies et à l'embouchure des rivières.
Concernant les macrophytes, la photosynthèse peut être réduite car la pénétration de la lumière est atténuée par les particules en suspension présentes en quantité importante dans la colonne d'eau. La plupart des espèces d'algues vont privilégier les récifs frangeants de petits fonds où la pénétration de la lumière est la plus importante.
Mais certaines espèces de macrophytes arrivent à résister à cette forte sédimentation et dans ce cas elles peuvent envahir le substrat au détriment des autres espèces (espèce envahissante).

D'autre part, plus en profondeur, la sédimentation va influencer également la spécification des macrophytes car peu d'espèces vont être capables de résister au dépôt sédimentaire. La compétition spatiale entre les algues et les coraux est très importante et si les coraux sont perturbés par la turbidité, les algues peuvent prendre rapidement le dessus et envahir l'ensemble du substrat.

3.2.6 Influence de la profondeur

La profondeur en tant que telle signifie uniquement « augmentation de la pression hydrostatique ». En revanche, beaucoup de facteurs écologiques varient en fonction de la profondeur (au sens bathymétrie) : elle joue un rôle important car elle entraîne la diminution de l'intensité lumineuse, de la température et de l'exposition aux vagues.
De plus, la forte sédimentation et le faible renouvellement de l'eau contribuent à la rapide diminution de la faune corallienne en profondeur dans le lagon.
Par conséquent la vie la plus riche des macrophytes et des coraux se situe dans les quinze à vingt premiers mètres d'eau. Cependant, les macrophytes sont présents jusqu'au fond du lagon et jusqu'à des profondeurs très importante.

3.3 Les principaux genres de macrophytes de la zone d'étude

3.3.1 Les algues vertes ou Chlorophytes

- **Le genre *Halimeda***

Ce sont des algues ayant l'aspect d'un petit chapelet d'écailles coriaces. La structure cellulaire est de type siphonné. L'algue fixe le carbonate de calcium, ce qui lui donne sa rigidité et la rend immangeable pour la plupart des espèces herbivores. Le thalle, de 15 à 20 cm, est constitué d'une suite d'éléments calcifiés discoïdes. Le développement de cette algue prend plus d'extension à l'abri de la lumière [14, 15].
Le recouvrement le plus faible du genre *Halimeda* correspond à l'hiver dans l'hémisphère sud (période comprise entre mai et octobre). Alors que durant la période estivale (novembre à avril), le taux de croissance mesuré est le plus haut.



Photo n°1 : Halimeda sp.

Ainsi, le taux de croissance semble être associé avec la température de l'eau qui est à son plus haut en été, atteignant plus de 25°C, tandis que pendant l'hiver la température baisse à 19°C. Une température de 23°C semble être une limite pour laquelle la croissance de *Halimeda* est ralentie. Pour cette raison, les mois de mai à octobre, pour lesquels la température est sous cette limite de 23°C, sont une phase de baisse ou de stagnation pour la croissance de ce genre. Par ailleurs, un effet saisonnier dans le cycle de production du genre *Halimeda* peut exister.

- **Le genre *Caulerpa***

C'est une algue pérenne de type nématothalle, polymorphe, appartenant à la famille Caulerpaceae habitant dans les eaux chaudes [16, 17]. Ce genre regroupe un grand nombre d'espèces tropicales.
Les espèces de *Caulerpa* se développent comme des plantes grimpantes sur la dalle, la roche subtidale submergée ou bien sur les substrats meubles. Certaines espèces courent sur les fonds sableux, d'autres forment des touffes denses de stolons entremêlés.



Photo n°2 : Caulerpa sp.

Les formes et les dimensions varient suivant l'espèce, toutefois on reconnaît toujours une partie rampante sur le substrat, fixée par des rhizoïdes incolores, et portant des ramifications soit plumeuses, soit aplaties aux bords lisses ou dentelés ou encore en forme de disques ou de petites grappes, généralement de couleur vert à jaunâtre. La structure cellulaire est de type siphonné : toutes les parties de l'algue sont en fait constituées d'un enchevêtrement de filaments tubulaires à plusieurs noyaux. La multiplication végétative est souvent prédominante, par croissance ou par fragmentation des stolons.
Ces algues peuvent être déracinées par l'abrasion de vague (particulièrement les espèces colonisant les substrats meubles). Certaines espèces d'algues sont relativement petites dans la taille et ont un système d'ancrage adapté leur permettant de résister à l'action de vague et de les empêcher de se disloquer même pendant des conditions hydrodynamiques importantes.

En France *C. taxifolia* a fait beaucoup parler d'elle par son introduction accidentelle. Une souche issue de l'aquarium de Monaco a été introduite accidentellement en Méditerranée, rejetée comme un déchet, où elle est devenue **une espèce envahissante**. La C. *taxifolia* est très résistante, elle survit jusqu'à 3 mois dans des eaux à 10 °C, alors que la souche tropicale ne peut survivre en dessous de 20 °C. Elle est connue sous le nom d'« algue tueuse », en raison de sa toxicité pour la faune, de son impact négatif sur la biodiversité et de sa vitesse de développement inquiétante. **Cette espèce n'est pas envahissante, ni exogène dans la zone d'étude.**

3.3.2 Les algues rouges ou Rhodophytes

Les algues rouges appartiennent à la division des Rhodophycées qui comprend environ 4 000 espèces marines décrites.

- **Le genre *Asparagopsis***

Il est caractérisé par des thalles en forme de touffe de filaments roses d'une dizaine de cm de hauteur, fixés sur un stolon cylindrique. Il se développe au niveau de l'étage infralittoral supérieur *(*photophile), de la surface à une dizaine de mètres de profondeur, rarement plus bas que 25 mètres, **dans des zones calmes ou**

modérément battues.

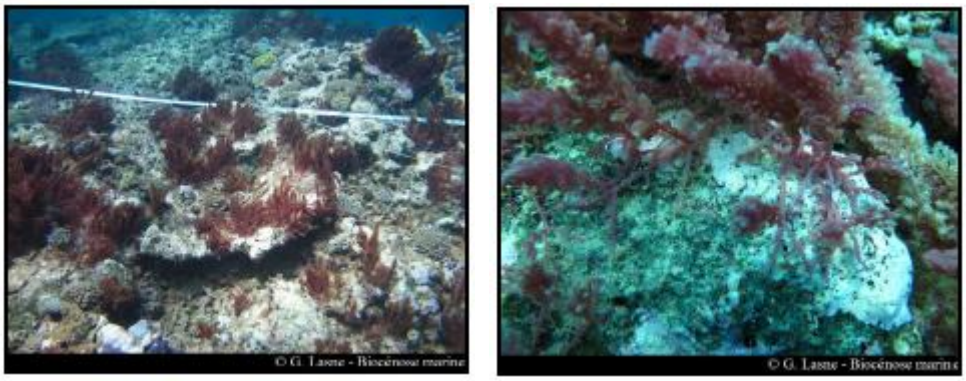


Photo n°3 : Asparagopsis sp.

Il possède un cycle de vie très élaboré : le cycle de développement est annuel et comprend la succession de 3 générations différentes (cycle trigénétique hétéromorphe). Ce genre suit un « détecteur stratégie de saison », rarement rapportée pour des macros algues tropicales. La reproduction est strictement saisonnière : **le déclenchement de crêtes de modules au milieu de la saison plus fraîche, laisse le temps suffisant à la croissance et la reproduction avant le début des conditions défavorables de l'été.** Les changements saisonniers de l'environnement affectent le déclenchement de module, croissance, reproduction et rejet.

Emportés par les vagues et les courants ils s'agrippent à d'autres algues et participent à la dissémination de l'espèce (il s'agit d'un véritable bouturage). L'action des herbivores peut être un facteur régulateur à son développement.

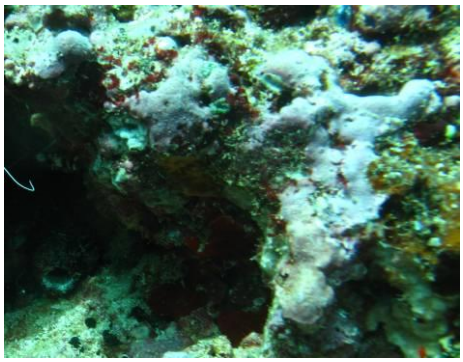
Le genre *Asparagopsis* est répertorié sur la liste IUCN parmi les espèces introduites et invasives dans les zones subtropicales et tempérées. Ce genre est très souvent épiphyte sur d'autres algues (plantes qui poussent en se servant d'autres plantes comme support). Il peut également constituer une menace pour les organismes benthiques et particulièrement pour les cnidaires par les effets écologiques de sa prolifération et la toxicité naturelle sur la santé du corail.

D'un point de vue taxonomique, le genre *Asparagopsis* comporte deux espèces *A. taxiformis* et *A. armata* mais seule l'espèce *A. taxiformis* est présente en Nouvelle-Calédonie. L'examen des branches dans la forme sexuée sous un grossissement moyen peut séparer les deux espèces de ce genre. Comme le nom le suggère l'espèce *Asparagopsis armata* possède de petites épines sur les branches. A. *taxiformis* possède des branches lisses.
D'un point de vue phylogénétique, le genre *Asparagopsis* forme un complexe d'espèces (différents clades). Sous cet angle, **le statut des espèces proliférantes natives vs. introduites reste à déterminer** (cf. projet NET-BIOME, SEAPROLIF[2]).

Les algues rouges calcaires

Elles vivent principalement dans la zone tropicale. Elles ont une importance particulière en milieu corallien, puisqu'elles forment, avec les coraux, les bâtisseurs des récifs. En effet, ces algues ont la particularité de former un véritable squelette calcaire. Par accumulation, celui-ci participera à la formation des récifs, à contrario, leur dégradation en particules de calcaire alimentera les sables.

[2] Le projet NET-BIOME, SEAPROLIF a pour objectif de (i) déterminer l'état de prolifération des populations *d'Asparagopsis* en fonction de principaux paramètres de l'environnement et de l'habitat; (ii) dresser l'inventaire des organismes benthiques, et particulièrement des cnidaires, affectés par les proliférations et (iii) suivre dans certains sites ateliers l'évolution spatio-temporelle des populations. Cette étude se base sur l'échelle de l'aire de distribution du taxon. Une approche multi-sites dans trois océans et deux hémisphères (les iles portugaises des Azores et de Madère, La Réunion, La Nouvelle-Calédonie, La Polynésie française et la Guadeloupe, la Méditerranée).



Dans les zones où le ressac est important elles peuvent former d'épaisses accumulations et prendre alors la place des coraux, moins adaptés au mode battu. Dans les zones plus calmes entre 10 et 30 m de profondeur elles développent, avec d'autres algues calcaires, des colonies massives pouvant atteindre plusieurs dizaines de cm de diamètre sur les coraux morts ou de fines croûtes sous les surplombs.

Photo n°4 : Corallines

- **L'espèce *Trichogloea requienii***



C'est une algue rouge molle et visqueuse avec un thalle très ramifiées de taille allant jusqu'à 15 à 20 cm. Les zones blanches centrales sont des calcifications. Elles colonisent les récifs coralliens du lagon et de la pente externe entre 4 et 20 m de profondeur.

Photo n°5 : Trichogloea requienii

3.3.3 Les algues brunes ou Chromophytes

- **-Le genre *Sargassum***



Photo n°6 : Sargassum sp.

C'est une algue brune qui est le plus vouée à dériver par rupture du thalle cartilagineux et fragile. Elles constituent de grands radeaux algaux dérivant aux grés des courants marins. L'histoire de vie et la phénologie des espèces de *Sargassum* et leur dynamique de recrutement ont été intensivement étudiés [18 à 25]. Les espèces de *Sargassum* forment des algues jusqu'à 120 cm de longueur, qui se développent généralement dans les habitats semi-exposés dans les niveaux bathymétriques des récifs intertidaux à subtidaux [20, 26]. Ces habitats dont la canopée peut atteindre le mètre de haut jouent un rôle important voire essentiel pour le cycle biologique de différentes espèces d'animaux, de macro et microphytes en leur apportant substrat, protection contre la prédation et abondance en nourriture [27 à 30]. Ce sont des lieux de nurseries pour certains poissons [31] et abritent une grande diversité d'amphipodes, polychètes et gastéropodes [32 à 34].
D'autre part, la dérive et le flottement des frondes de *Sargassum* fournissent l'habitat pour les poissons juvéniles [35, 36] et fournissent une base pour la chaîne alimentaire pour les oiseaux marins pélagiques.

Le cycle de vie de la plupart des espèces de *Sargassum* se produit durant les mois de novembre-décembre et mai-juin et plus tard elles se détachent de leur habitat à cause de la sénescence (affaiblissement des fonctions vitales provoqué par le vieillissement).

Ces organismes renferment des composés phénoliques [37] intéressants les domaines cosmétiques et

pharmaceutiques (cf. programme AFD 'Substances marines actives') et sont également capables de biosorbtion de métaux lourds toxiques tels que Cd^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, ou encore Ni^{2+} [38, 39]. Une meilleure connaissance de la biomasse et de la répartition des sargasses est donc potentiellement très intéressante.

- **L'espèce *Lobophora variegata***



Photo n°7 : Lobophora variegata

C'est une algue brune qui développe des lames en forme d'éventail, de couleur brun doré, adhérant plus ou moins fortement au substrat en fonction de l'hydrodynamisme. À la face supérieure du thalle des lignes concentriques de couleur plus foncée indiquent la croissance marginale de l'algue ; on voit parfois également des lignes radiales ; les marges sont arrondies et légèrement incurvées. À la face inférieure on découvre des rangées concentriques de rhizoïdes par lesquels les algues sont fixées au substrat.
Dans les milieux calmes, les lames se développent sur les surfaces coralliennes mortes, entre les branches des coraux vivants et peuvent atteindre jusqu'à 10 cm d'envergure. **Dans la baie de Prony,** c'est l'algue brune, la plus commune. On la rencontre sur le platier, où elle tapisse la dalle corallienne, ou encore sur les massifs coralliens éparpillés sur la pente sédimentaire jusqu'à plus de 35 m de profondeur.
Cette espèce est en forte compétition spatiale avec les organismes benthiques et particulièrement les coraux. Son développement peut-être très important (voir envahissant sur le reste des communautés coralliennes). Cette espèce a été recensée ailleurs, jusqu'à 120 m de profondeur.
Lobo dans Millepora et Acropora branch

- **Le genre *Padina***



Photo n°8 : Padina sp.

Ce genre appartient à la famille des Dictyotaceae. Les thalles sont blanchis par le calcaire qu'ils contiennent formant des cercles concentriques (lames arrondies et flabellées). Les grosses stries parallèles correspondent à des rangées cellulaires marquant la croissance. Leur taille peut varier entre 5 et 10 cm et elles colonisent le lagon sur des substrats durs.

3.4 Particularités de la zone d'étude et des macrophytes

3.4.1 Réserves marines et caractère unique de la zone

Trois réserves naturelles marines sont localisées à proximité de la zone d'étude :

- deux dans la baie de Prony : la réserve naturelle saisonnière de Grand Port et la réserve naturelle de l'Aiguille de Prony,
- la troisième située à l'est du Canal de la Havannah (dans lequel s'effectue le rejet de l'effluent industriel de Vale Nouvelle-Calédonie) : la réserve naturelle intégrale Yves Merlet.

En juin 2008, six zones de la barrière de récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie ont été classées comme site naturel du Patrimoine mondial de l'Humanité par l'UNESCO. Des aires tampons ont été définies autour de ces zones. L'aire tampon de la zone du Grand lagon sud comprend la baie de Prony et le canal de la Havannah qui sont dans la zone d'influence du site industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie [40].

3.4.2 Risques d'introduction et de diffusion d'espèces exogènes

Situées dans un environnement écologique unique et fragile, les activités minières et industrielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie **génèrent un haut niveau de risque d'introduction, d'installation et de diffusion d'espèces exogènes** notamment par l'importance du trafic de marchandises (en particulier via le port international de Prony), par les nombreuses voies de pénétration ouvertes dans les milieux naturels, les perturbations importantes que ces derniers subissent et la présence sur le site d'une population mobile de plusieurs milliers de personnes [40].

Les espèces invasives peuvent réguler leur croissance et s'étendre dans leur nouvel habitat en causant des perturbations dans leur communauté biologique locale. Tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive.

La notion écologique d'espèce invasive et d'espèce envahissante est récente : Pour la comprendre, il faut savoir que les équilibres entre espèces au sein des écosystèmes, à échelle de temps humaine au moins, sont relativement bien établis. Sans intervention humaine, les phénomènes d'extension brutale de l'aire de répartition d'une espèce (dite invasive) sont extrêmement rares. Les besoins des sociétés humaines conduisent à l'exploitation plus ou moins intense des écosystèmes et affectent la biodiversité.
Parfois elles colonisent simplement l'aire de répartition et la niche écologique d'espèces que l'homme a fait disparaître ou a affaiblies. Beaucoup d'espèces introduites, et notamment leurs stades larvaires, l'ont été involontairement : le ballastage et déballastage des navires de commerce, le transport par les coques de navires par exemple, sont un vecteur d'introduction d'espèces qui a d'abord été ignoré, puis sous-estimé, et contre lequel peu de mesures sont prises. Bien qu'elles aient existé depuis plusieurs siècles, les invasions biologiques en milieu marin se sont considérablement accélérées durant les dernières décennies suite à l'accroissement du trafic maritime à travers les océans et aux transferts intercontinentaux d'espèces à des fins d'aquaculture.

Les collectivités françaises d'outre-mer hébergent une biodiversité exceptionnelle. Mais, de par leur caractère principalement insulaire, elles sont également très vulnérables aux introductions d'espèces. Avec l'arrivée de l'homme et la multiplication des échanges, de nombreuses espèces végétales et animales ont été introduites (par exemple : 1 200 espèces de plantes aux Antilles, 1 400 en Nouvelle-Calédonie, 1 700 en Polynésie française et 2 000 à La Réunion). Certaines se sont révélées agressives et envahissantes, causant des dégâts écologiques importants pouvant s'accompagner de conséquences économiques et sanitaires.

De manière générale, les régions où les écosystèmes ont subi un traumatisme environnemental, présentent un habitat ouvert donnant accès à leurs ressources et permettant aux espèces invasives et aux espèces envahissantes de s'établir.

3.4.3 Menaces des macrophytes sur la diversité biologique

Les proliférations de macro-algues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. En particulier dans les récifs coralliens où la compétition entre les algues et les coraux peut modifier la structure et le fonctionnement des écosystèmes ainsi que la matrice paysagère. Ces effets peuvent remettre en question les biens et les services rendus aux nombreuses populations humaines qui dépendent de ces systèmes côtiers. L'origine et les mécanismes de ces proliférations sont mal connus et le nombre d'espèces impliquées très mal documenté (cf. programme en cours ERA-NET NETBIOME sur le caractère néfaste de l'algue rouge du genre *Asparagopsis* sur les coraux. Ce genre est répertorié sur la liste IUCN parmi les espèces introduites et invasives dans les zones subtropicales et tempérées).

3.4.4 Les assemblages des biocénoses marines en équilibre avec les paramètres physico-chimiques du milieu

La composition spécifique des organismes benthiques dans un milieu reflète les conditions environnementales de ce dernier. Les coraux, les autres invertébrés ainsi que les macrophytes se sont adaptés aux conditions environnementales par la sélection d'espèces colonisant les milieux fortement agités pour le canal de la Havannah (courant de marée, houle et ressac) et le canal Woodin (principalement courant de marée) et pour les milieux calmes en baie de Prony (dessalure des eaux de surface et sédimentation importante).

Les assemblages des biocénoses marines de ces trois sites sont donc différents et chacun est en équilibre avec les paramètres physico-chimiques du milieu.
Malgré l'adaptation des espèces aux paramètres environnementaux de chaque biotope, des évènements exceptionnels (climatiques, dépressionnaires et activités anthropiques) font généralement dépasser les seuils de tolérance de survie pour les espèces les plus sensibles (force d'arrachement, augmentation de température, augmentation de turbidité…).

3.4.4.1 Canal de la Havannah et canal Woodin

C'est un milieu ouvert caractérisé par de forts courants de marée et du ressac.
Les principales dégradations sont d'origine mécanique : nombreux débris, mortalité importante et blanchissement corallien induit par les effondrements, balayage et arrachement au sommet des récifs. Malgré les courants de marée conséquents dans le canal Woodin, les dégradations mécaniques sont moindres que dans le canal de la Havannah car les récifs sont moins exposés au ressac et à la houle.

Concernant les macrophytes, dans ces deux sites les forces d'arrachement sont très importantes et contribuent à la présence/absence ainsi qu'à l'abondance de toutes les espèces végétales (algues vertes, brunes et rouges).

3.4.4.2 Baie de Prony

C'est un milieu calme et protégé.
Les principales dégradations sont originaires soit d'une dessalure des eaux de surface et/ou soit d'apport de matières en suspension (MES).
La dessalure des eaux de surface perturbe particulièrement les niveaux bathymétriques supérieurs des récifs frangeant à proximité des embouchures des creeks, des rivières et des résurgences d'eau douce. Les colonies coralliennes blanchissent sur place et la mortalité corallienne peut être importante.
L'apport de MES dans la colonne d'eau est conséquent et influe sur la pénétration de la lumière et la sédimentation. Le dépôt sédimentaire est observé surtout sur les niveaux bathymétriques inférieurs où les particules terrigènes ne sont plus remobilisées. La sédimentation va influencer la spécification des espèces car peu d'espèces vont être capables de résister au dépôt sédimentaire. La compétition spatiale entre les algues et les coraux est alors très importante et les algues peuvent prendre rapidement le dessus et envahir l'ensemble du substrat.

3.5 Les cyanobactéries

Les cyanobactéries appartiennent au domaine des bactéries. Ce sont des procaryotes photosynthétiques, c'est à dire qu'elles utilisent comme source d'énergie, l'énergie lumineuse (oxydation de l'eau en oxygène au cours de la photosynthèse).
Les cyanobactéries ont pour seul point commun avec les végétaux cette photosynthèse de type « plante » (avec des pigments), ce qui leur a valu pendant longtemps d'être classées dans les algues (algues bleu-vert, cyanophycées)[3].

Certaines sont unicellulaires, sphériques ou en bâtonnets et se multiplient par divisions binaires, d'autres sont filamenteuses ou en forme de pompon et se propagent par rupture du filament végétatif ou par germination

[3] Elles ont d'ailleurs été comptées dans la composante « algues filamenteuses » pour les résultats LIT.

des akinètes (spores).
Cette hétérogénéité leur a permis de coloniser la grande majorité des écosystèmes terrestres ou aquatiques, ainsi que les milieux extrêmes chauds, salés, hypersalés et alcalins.

Les cyanobactéries peuvent se maintenir tout au long de l'année et de nombreuses espèces n'apparaissent qu'en été lorsque la température des eaux superficielles augmente. Pendant la saison froide, leur disparition n'est qu'apparente car les cellules végétatives subissent diverses différenciations conduisant à des formes de repos ou de résistance. À cet égard, les vases et sédiments constituent une banque de semences qui favorise de nouvelles proliférations dès que les conditions climatiques redeviennent favorables. Lors de périodes plus chaudes et moins venteuses, les efflorescences de cyanobactéries apparaissent et disparaissent à plusieurs reprises. À cette distribution spatiale des températures s'ajoute celle de la lumière qui est la source même d'énergie pour la photosynthèse.
Un éclairement faible tend à les faire remonter en surface alors qu'un éclairement plus fort les incite à vider leurs ballasts ou à écraser les vacuoles à gaz par turgescence cellulaire.

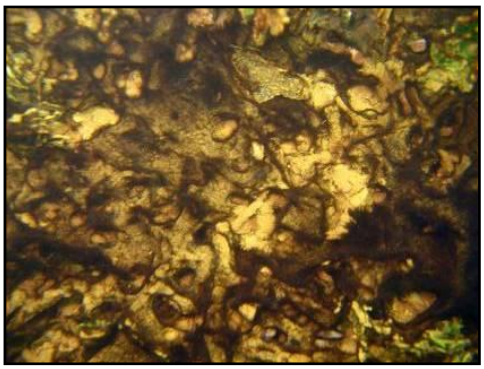
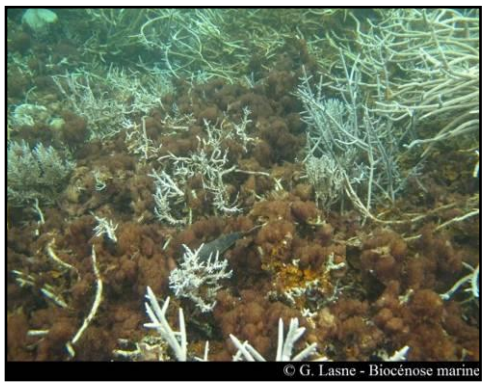



Photo n°9 : Tapis de cyanobactéries filamenteuse (Phormidium sp.) et en forme de pompon (Symploca hynoides)

Des proliférations de cyanobactéries apparaissent de manière épisodique ou régulière dans de nombreux biotopes. Dans tous les cas, ces proliférations sont le signe d'une eutrophisation du milieu (milieu riche en composés organiques, teneurs excessives en azote et phosphore).
Ces proliférations sont potentiellement productrices de diverses toxines. Il a été découvert récemment que les cyanobactéries jouent un rôle important dans les intoxications alimentaires causées par les produits de la mer, en particulier concernant l'intoxication par la chair de bénitier. Des études menées par l'IRD à Raivavae en Polynésie française et à Lifou en Nouvelle-Calédonie, ont révélé que des toxines d'origine cyanobactérienne peuvent s'introduire directement dans la chaîne alimentaire via les mollusques (comme le bénitier), les poissons brouteurs (comme le perroquet) ou indirectement via les poissons qui ingèrent des mollusques.
Leur effet sur les récifs coralliens peut être désastreux et justifie que l'on s'en inquiète. En faible proportion, les cyanobactéries ne sont pas particulièrement gênantes pour la faune, cependant si leur concentration augmente, les toxines (cyanotoxines) libérées dans l'environnement ont des répercussions sur l'ensemble des communautés coralliennes (mortalité des espèces benthiques, diminution de la croissance des coraux, diminution du recouvrement corallien, ciguatéra…).

3.6 Les saisons en Nouvelle-Calédonie

La Nouvelle-Calédonie, située juste au nord du tropique du Capricorne, subit les influences tropicales et tempérées plus ou moins fortement selon les saisons. Leurs effets sont toutefois limités par l'environnement maritime et la présence quasi permanente de l'alizé [41, *pour tout le §*].

Deux saisons principales peuvent être distinguées :

- **La saison chaude :**

Centrée sur le premier trimestre, l'influence tropicale est prédominante et le temps rythmé par la position de la Zone de Convergence du Pacifique Sud (ZCPS) et de la Zone de Convergence InterTropicale (ZCIT), ainsi que par les trajectoires des dépressions tropicales.

Les précipitations sont abondantes et les températures moyennes sont élevées bien que les extrêmes soient limités par l'influence maritime et l'alizé. La Nouvelle-Calédonie se trouve dans une région très touchée par les dépressions tropicales qui sont à l'origine de dégâts très importants.

- **La saison fraîche :**

De juin à septembre, la ZCIT se trouve dans l'hémisphère nord et la ZCPS se décale vers le nord-est.
Les perturbations des régions tempérées remontent vers le nord et les fronts froids associés peuvent affecter la Nouvelle-Calédonie où ils se manifestent par des précipitations et parfois des "coups d'ouest". Ces épisodes perturbés interrompent un temps généralement sec et frais avec des températures minimales relativement basses en certaines régions.

Cependant, la transition entre ces deux saisons n'est pas toujours évidente à distinguer et deux autres saisons viennent ainsi s'intercaler entre les premières :

- **La saison sèche :**

D'août à novembre, elle est à cheval entre la saison fraîche et la saison chaude. Cette partie de l'année se caractérise par des précipitations très faibles associées à des températures fraîches la nuit, mais de plus en plus élevées la journée sous l'action du rayonnement solaire qui atteint son maximum en décembre. L'évapotranspiration très importante n'est pas compensée par les maigres précipitations et les feux de brousse se propagent facilement sur une végétation déshydratée sous l'action d'un alizé renforcé par les brises thermiques. Le retour des précipitations est donc très attendu mais il peut être dramatiquement retardé pendant les épisodes El Niño.

- **La saison humide :**

En fin de saison chaude/début de saison fraîche, la température de l'eau de mer encore chaude peut favoriser la formation d'épisodes pluvio-orageux importants, voire de dépressions subtropicales.

3.7 Facteurs climatiques exceptionnels en Nouvelle-Calédonie, sur la période d'étude

3.7.1 Les facteurs environnementaux exceptionnels entre 2007 et 2012

En début d'année 2007

« **Becky** » : dépression tropicale forte du 25 mars 2007 au 29 mars 2007 qui a touché Maré, Lifou et le sud de la Grande Terre (Grosse mer et fortes pluies : 105 mm à Goro).

En début d'année 2009

« **Jasper** » : dépression tropicale forte du 22 au 26 mars 2009 qui a touché principalement le nord de la Grande Terre.

En début d'année 2011

Evènements dépressionnaires :
« **Vania »** : dépression tropicale forte du 8 et 16 janvier 2011 qui a touché le sud du Territoire le 14 et 15 janvier 2011 (fortes précipitations et inondations : pluies en 24h : 450 mm à Goro - Station Vale NC).
« **Zelia »** : cyclone tropical du 14 au 17 janvier 2011 qui est passé au large du sud de la Nouvelle-Calédonie (grosse mer et fortes pluies).

Phénomène climatique (la Niña) :
La Niña a pour conséquence une anomalie positive de températures des eaux de surface et une anomalie négative de salinité (abondance des précipitations) sur une longue période de 3 ou 4 mois. En début d'année 2011, ces anomalies ont influencé toute la zone d'étude, particulièrement dans les petites profondeurs et l'anomalie de salinité était d'autant plus importante aux embouchures des creeks et des rivières. Les colonies coralliennes les plus sensibles s'édifiant aux sommets des récifs ont ainsi expulsé leurs zooxanthelles (phénomène de blanchissement très important).

3.7.2 Superposition des facteurs environnementaux

Les évènements dépressionnaires du début d'année 2011 (Vania et Zelia) se sont superposés au phénomène climatique « La Niña ».

Les vents violents ont généré dans le canal de la Havannah une forte houle, un ressac très important et des courants de marée supérieurs à la normale. Ces agents hydrodynamiques exceptionnels ont entrainé une dégradation mécanique sans conteste sur le sommet des récifs, arasant les biocénoses benthiques les plus fragiles, arrachant des colonies coralliennes et créant des effondrements de blocs et de débris le long des pentes récifales et du blanchissement corallien sur les colonies dégradées et/ou perturbées.

D'autre part, les précipitations induites par les dépressions et le phénomène la Niña, étaient également bien au-dessus des normales saisonnières et très abondantes sur une courte période. Ceci a généré une dessalure importante des eaux de surface dans toute la zone et particulièrement à proximité des creeks et des rivières en baie de Prony (milieu par ailleurs très protégé des vents et des agents hydrodynamiques).

4 Résultats pour les macrophytes

Rappel méthodologique : les macrophytes dans leur globalité sont étudiées à travers deux protocoles différents (cf. § 2) :

- *le LIT,*
- *la méthode du couloir.*

La première méthode donne des résultats globaux pour les macrophytes sans distinction entre les 3 grands différents groupes d'algues (cf. § 3.1 : Chlorophytes, Rhodophytes et Chromophytes), acce cependant une motion particulière pour les cyanobactéries.
Les résultats issus de cet échantillonnage sont donc présentés dans le présent paragraphe et § 8.2.

La deuxième méthode permet d'obtenir des données de précision au niveau de la richesse spécifique et de l'abondance de chaque taxon.
Les résultats issus de cet échantillonnage sont donc présentés dans le présent paragraphe ainsi que dans tous les suivants.

4.1 Méthode du couloir

Les valeurs de richesse spécifique des macrophytes selon des différentes transects (biodiversité α) pour toutes les missions de 2007 à 2012 sont résumées dans le tableau 05 et présentées graphiquement sur la figure 02.

Tableau n°5 : Biodiversité α des macrophytes pour tous les transects à chaque mission

Biodiversité α Macrophytes	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	7	8	7	7	6	7	8	6
ST01B	7	9	7	8	6	7	8	8
ST02A	5	5	5	5	5	7	7	7
ST02B	5	5	5	5	5	6	5	3
ST03A	8	7	6	8	8	9	5	4
ST03B	6	5	5	5	5	4	4	4
ST03C	5	5	5	5	5	4	4	4
ST04A	7	5	4	4	5	7	5	4
ST04B	4	3	3	3	3	4	5	4
ST04C	1	1	1	1	1	2	2	2
ST05A	6	4	4	5	5	5	5	4
ST05B	3	2	2	1	4	2	2	3
ST05C	1	1	2	2	2	2	2	2
ST06A	3	5	2	6	6	8	9	7
ST06B	5	7	4	7	5	7	9	6
ST06C	5	7	3	4	3	4	7	3
ST07A	4	3	2	4	7	6	5	4
ST07B	4	2	0	2	4	4	2	2
ST07C	3	4	0	0	0	1	4	1
ST08A	8	9	6	5	5	7	8	4
ST08B	6	10	4	4	4	5	7	2

ST09A	10	7	5	4	6	6	8	7
ST09B	13	9	8	9	9	6	11	8
ST09C	12	9	9	7	11	11	12	6
ST10A	7	8	6	7	7	8	4	3
ST10B	3	4	4	4	4	5	5	3
ST10C	1	2	2	1	1	3	4	1
ST11A	6	7	3	3	7	7	11	5
ST11B	9	8	6	6	5	4	4	4
ST11C	3	6	3	1	2	4	3	2
ST12A	4	3	4	4	3	7	*4,16*	*4,16*
ST12B	3	0	3	2	2	6	*2,66*	*2,66*

Deux tests peuvent alors être réalisés sur ces résultats de richesses spécifiques.

4.1.1 Analyse de variance

Les résultats d'une ANOVAR sur le tableau 05 sont présentés ci-dessous : **l'analyse des variances de la richesse spécifique des macrophytes pour les 8 campagnes ne montre pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%.**

k1=p-1	7	F obs. (Biodiversité)	2,39
K2=n-p	248	F95%	2.05
		F99%	2.34

Tableau n°6 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects selon les missions

ANOVAR de la richesse spécifique des macrophytes	**03/12**	**09/11**	**03/11**	**09/10**	**03/10**	**06/09**	**10/08**	**08/07**
Richesse spécifique moyenne	5,44	5,31	4,06	4,34	4,72	5,47	5,68	4,06
Ecart type	2,91	2,74	2,17	2,34	2,37	2,23	2,77	1,94
Intervalle de confiance (IC:0,95)	1,01	0,95	0,75	0,81	0,82	0,77	0,96	0,67
Coefficient de Variation	0,53	0,52	0,53	0,54	0,50	0,41	0,49	0,48
n	32	32	32	32	32	32	32	32

L'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho : les 8 séries ont des variances différentes. Il y a des différences entre les années, du point de vue quantitatif puisque les structures sont les mêmes. Le protocole n'a jamais évolué pour les macrophytes, seules les variations saisonnières ou les perturbations induites par une dépression sont donc enregistrées (cf. figure 01).

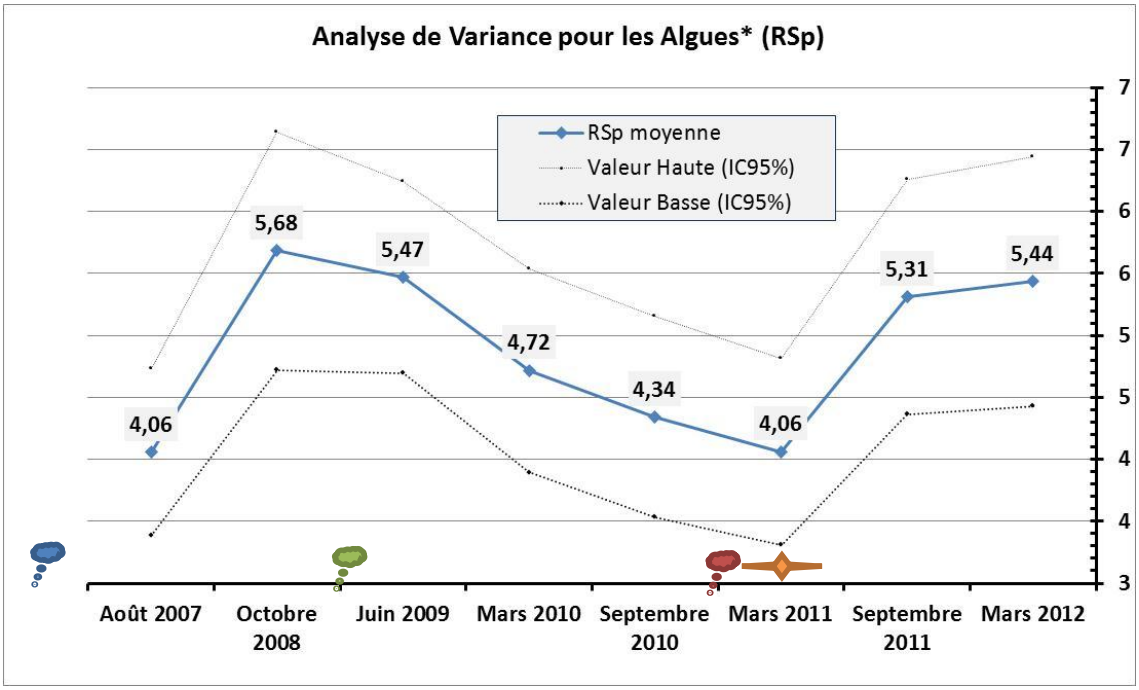


Figure n°1 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance. Les nuages sur l'axe des abscisses indiquent les évènements dépressionnaires (nuage bleu : Becky du 25 au 29 mars 2007; nuage vert : Jasper du 22 au 26 mars 2009; nuage rouge : Vania 8 et 16 janvier 2011 et Zelia du 14 au 17 janvier 2011) et l'étoile orange indique le phénomène climatique la Niña.

4.1.2 Test de Friedman

Il devient alors intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement. On considèrera le tableau 05 en classant les valeurs en ligne (de 1 à 8).

Tableau n°7 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes pour toutes les missions

KHI 2 obs.	28.4			
ddl= 7	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	14.067	16.013	18.475	20.278

L'Ho d'identité de colonnes n'est pas vérifiée. Le rejet est conséquent et ce test montre que des variations de biodiversité existent entre les missions. La diversité des macrophytes montre des évolutions dans le temps (saisonnalité et phénomène d'arrachement par les évènements exceptionnels).

Tableau n°8 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes pour toutes les missions

	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	4,5	7,5	4,5	4,5	1,5	4,5	7,5	1,5
ST01B	3	8	3	6	1	3	6	6
ST02A	3	3	3	3	3	7	7	7
ST02B	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	8	4,5	1
ST03A	6,5	4	3	6,5	6,5	6,5	1,5	1,5
ST03B	8	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2
ST03C	6	6	6	6	6	2	2	2
ST04A	7,5	5	2	2	5	7,5	5	2

ST04B	6	2,5	2,5	2,5	2,5	6	8	6
ST04C	3	3	3	3	3	7	7	7
ST05A	8	2	2	5,5	5,5	5,5	5,5	2
ST05B	6,5	3,5	3,5	1	8	3,5	3,5	6,5
ST05C	1,5	1,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
ST06A	1,5	4	1,5	4	4	7	8	6
ST06B	2	6	2	6	2	6	8	4
ST06C	5	7,5	2	5	2	5	7,5	2
ST07A	4	1,5	1,5	4	8	7	6	4
ST07B	7	3,5	1	3,5	7	7	3,5	3,5
ST07C	7	7	3	3	3	3	7	3
ST08A	7	7	4	2	2	5	7	2
ST08B	6	8	3	3	3	5	7	1
ST09A	8	6	1,5	1,5	3,5	3,5	6	6
ST09B	8	4	4	4	4	1	7	4
ST09C	6,5	3,5	3,5	1,5	6,5	6,5	6,5	1,5
ST10A	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	1,5	1,5
ST10B	1,5	4,5	4,5	4,5	4,5	7,5	7,5	1,5
ST10C	2,5	5,5	5,5	2,5	2,5	7	8	2,5
ST11A	3,5	6	1,5	1,5	6	6	8	3,5
ST11B	7,5	7,5	5,5	5,5	4	2	2	2
ST11C	5,5	8	5,5	2	2	5,5	5,5	2
ST12A	5	1,5	5	5	1,5	8	5	5
ST12B	4,5	1	4,5	4,5	4,5	8	4,5	4,5
(∑Rg)	165,5	153,5	112,5	124	133	173,5	180,5	109,5
Ordonnancement	6	5	2	3	4	7	8	1

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres (cf. tableau 08) et **il apparait que les périodes les moins diversifiées pour l'ensemble des macrophytes sont l'hiver austral (août 2007 et septembre 2010) et la période (mars 2011) précédant deux évènements dépressionnaires couplés au phénomène climatique la Niña**.

4.2 Méthode du LIT

Les données récoltées entre août 2007et mars 2012 en ce qui concerne le recouvrement des macrophytes (en %) sont synthétisées dans le tableau 09 et la figure 03.

Tableau n°9 : Recouvrement en agrophytes (%) pour tous les transects à chaque mission

Recouvreent (%) Macrophytes	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	1	0,5	1	2,5	1,5	3	13	7
ST01B	3,5	1	7	3,5	5	9	10,5	10
ST02A	31,5	24,5	50,5	13	16	32,5	34	21
ST02B	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0
ST03A	9	6,5	20,5	3	14	2,5	2	1
ST03B	8,5	40,5	51	7,5	7	43	17,5	22,5
ST03C	3	3,5	5,5	1,5	1,5	1	3	3
ST04A	0,5	0	0	0	0,5	1,5	3	3
ST04B	0	0	0	0	0	0	0	0
ST04C	0	0	0	0	0	0	0	0
ST05A	0	0	0,5	0	0	0	0	0

ST05B	0	0	0	0	0	0	0	0
ST05C	0	0	0	0	0	0	0	0
ST06A	16	23	1,5	2	0,5	4	56	0,5
ST06B	1,5	20	0	2,5	0,5	6,5	29,5	0
ST06C	25,5	29	0,5	11	1	0,5	2	0
ST07A	23	28	3	3,5	3,5	1	2,5	0,5
ST07B	18	18,5	0	0	0	2,5	5	0
ST07C	3	1	0	0	0	0	0,5	0
ST08A	1	4	6,5	4	2,5	2,5	5,5	0
ST08B	0,5	1,5	0	0,5	0	0,5	0,5	0
ST09A	4	9,5	5,5	3	2	1	5	1,5
ST09B	13,5	4,5	3,5	2,5	0,5	0,5	7,5	1,5
ST09C	24,5	6	2	3	2,5	4	6	1
ST10A	0,5	3	1	1,5	1	0	0,5	0
ST10B	0	0	0	0	0	0	0	0
ST10C	0	0,5	0	0	0	0	1	0
ST11A	8,5	21	6	0	2,5	2	4,5	0
ST11B	3	14,5	7	0,5	0	1	15	0
ST11C	9	11,5	2	0	0	2	3,5	0
ST12A	0	0	0	0	0	0	*0*	*0*
ST12B	0	0	0	0	0	0	*0*	*0*

Il existe de nombreuses fluctuations dans le recouvrement des algues sur les stations selon les missions, mais sans que cela soit systématiquement explicable et surtout sans effet négatif à priori sur les communautés coralliennes.
On peut cependant noter, que ce ne sont pas les mêmes types selon les stations : ainsi les stations dans la baie de Prony (ST01, ST02 et ST03) voient plutôt des recouvrements par des assemblages de macro algues alors que pour celles situées dans le canal de la Havannah (exposées) et particulièrement Ionontea (ST06) et Chambeyron (ST07), ce sont des algues calcaires (type corallines) qui sont majoritairement présentes.
Les stations de Woodin (ST04), Ioro (ST05), îlot Kié (ST10) et Ugo (ST12) ne comptent quasiment pas d'algues en recouvrement sous le transect.

4.3 Conclusion (macrophytes)

Des variations de diversité ont lieu selon les missions mais toutes ces fluctuations n'ont peut-être aucune explication rationnelle compte tenu que ces variations ne sont pas répétées toutes les années et que les intervalles de confiance sont importants.

Ces relevés reprennent l'ensemble des données de diversité des algues vertes, rouges et brunes. Hors le cycle de développement de ces algues n'est pas le même durant l'année. La périodicité des missions est trop longue (semestrielle depuis 2010 : septembre et mars) par rapport au cycle de développement des macrophytes et ne permet pas d'enregistrer l'ensemble des variations et les amplitudes maximales et minimales de richesse spécifique et d'abondance.

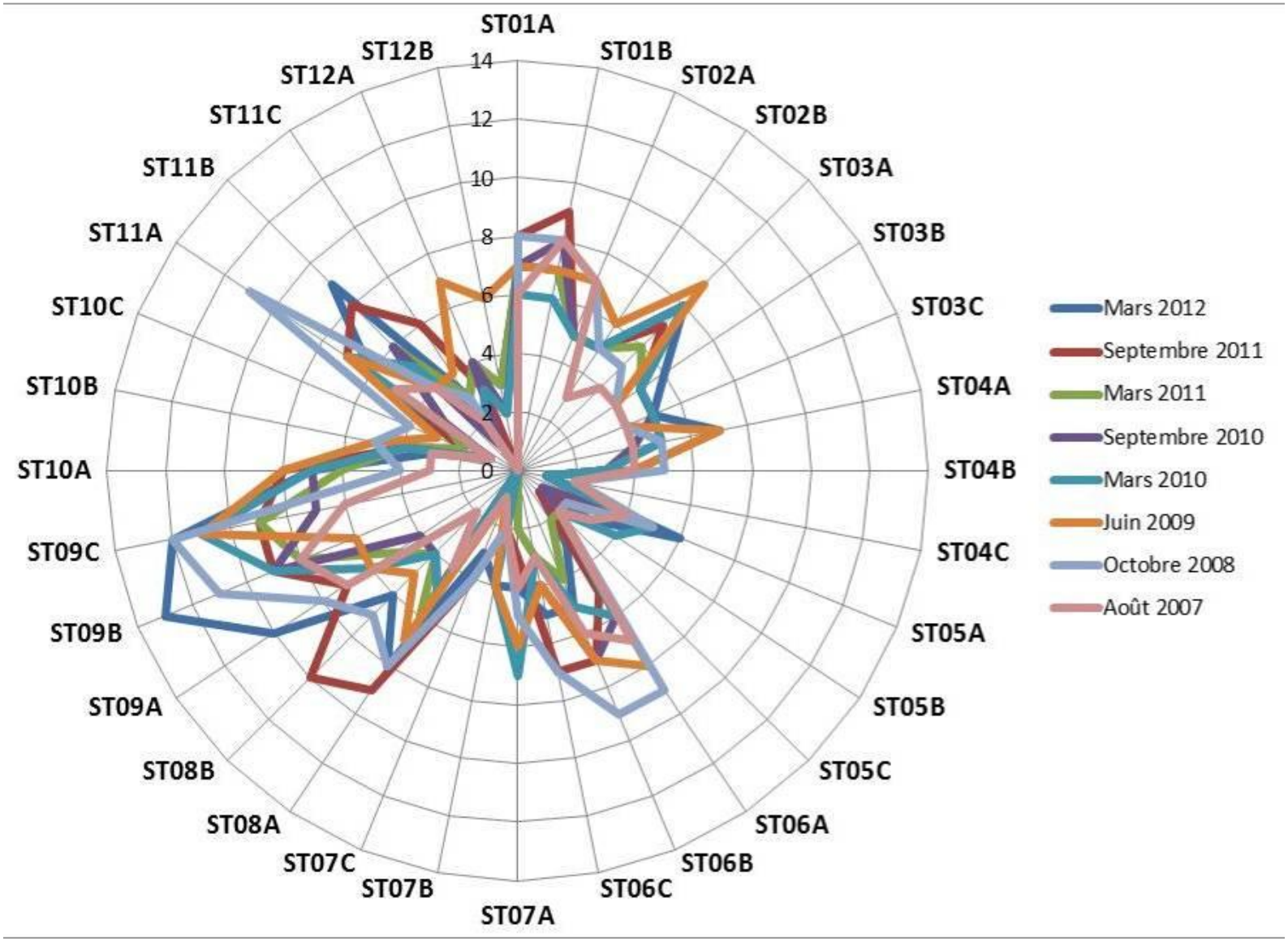


Figure n°2 : Richesse spécifique des algues pour toutes les transects, à chaque mission

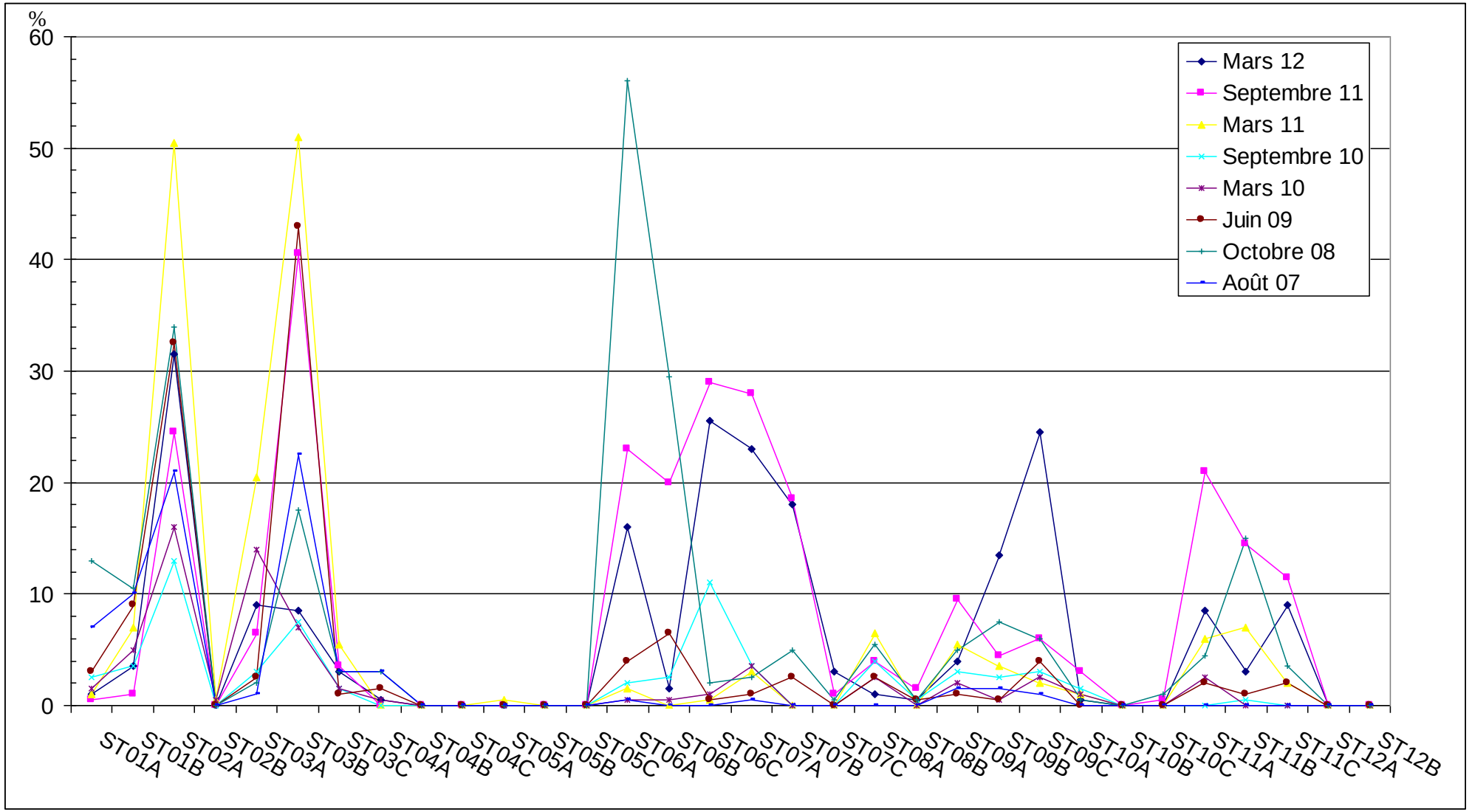


Figure n°3 : Recouvrement des macrophytes (%), pour tous les transects, à chaque mission

5 Résultats pour les algues vertes

Rappel : ces résultats sont obtenus par la méthode du couloir.

Les valeurs des biodiversités α et d'abondance des algues vertes selon les différentes transects pour toutes les missions de 2007 à 2012 sont résumées dans les tableaux 10 et 11 respectivement.
L'abondance est aussi représentée graphiquement sur la figure 05.

Tableau n°10 : Valeur de la richesse spécifique des algues vertes pour tous les transects à chaque mission

Biodiversité Algues vertes	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	2	1	1	1	5	2	1	1
ST01B	2	2	1	1	5	2	1	2
ST02A	3	3	3	3	1	4	4	5
ST02B	3	3	3	3	1	3	2	1
ST03A	4	3	2	4	3	5	3	2
ST03B	3	2	2	2	2	2	2	2
ST03C	2	2	2	2	2	2	2	2
ST04A	5	4	3	3	0	6	4	3
ST04B	2	2	2	2	0	3	4	3
ST04C	0	0	0	0	0	1	1	1
ST05A	4	3	3	3	1	2	2	2
ST05B	2	1	1	0	1	1	1	1
ST05C	0	0	1	1	0	1	1	1
ST06A	0	1	0	2	1	2	2	2
ST06B	1	1	1	2	0	3	3	2
ST06C	1	1	0	1	0	1	1	2
ST07A	2	1	1	3	1	3	2	2
ST07B	2	0	0	0	1	2	0	1
ST07C	1	1	0	0	0	0	1	0
ST08A	3	3	2	1	1	2	2	1
ST08B	1	2	0	0	1	0	1	0
ST09A	7	4	4	2	1	3	4	3
ST09B	11	6	6	6	0	4	4	3
ST09C	10	7	7	5	0	9	6	3
ST10A	6	6	5	5	0	6	1	1
ST10B	2	1	3	3	0	4	2	1
ST10C	0	0	1	0	0	2	0	0
ST11A	4	4	1	1	0	5	6	3
ST11B	4	4	3	3	0	1	1	1
ST11C	1	2	0	0	1	2	1	1
ST12A	3	2	3	3	0	3	*2,33*	*2,33*
ST12B	2	0	3	2	0	2	*1,5*	*1,5*

Tableau n°11 : Valeur d'abondance des algues vertes pour tous les transects à chaque mission

Abondance Algues vertes	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	2	2	2	2	2	2	2	3
ST01B	2	2	2	2	2	2	2	2
ST02A	3	3	2	2	2	5	5	4
ST02B	4	2	2	2	2	3	3	4
ST03A	4	4	3	3	3	5	5	4
ST03B	3	3	2	2	2	4	3	3
ST03C	2	2	2	2	2	3	2	1
ST04A	2	2	2	2	2	4	5	4
ST04B	2	2	2	2	2	2	3	4
ST04C	0	0	0	0	0	2	2	2
ST05A	2	2	2	2	2	2	2	2
ST05B	2	2	2	0	2	2	2	2
ST05C	0	0	1	1	1	1	2	2
ST06A	0	2	0	3	3	3	3	3
ST06B	3	2	2	2	2	2	3	2
ST06C	2	2	0	2	3	3	3	1
ST07A	2	2	2	2	2	2	3	2
ST07B	2	0	0	0	2	2	0	1
ST07C	2	2	0	0	0	0	2	0
ST08A	3	5	2	2	2	3	3	2
ST08B	2	5	0	0	0	0	2	0
ST09A	4	4	5	5	5	5	5	3
ST09B	5	5	3	3	5	2	5	3
ST09C	5	4	4	4	5	5	5	2
ST10A	3	2	2	2	2	4	3	2
ST10B	2	2	3	3	3	3	4	1
ST10C	0	0	1	0	0	2	0	1
ST11A	3	5	2	2	2	2	3	3
ST11B	3	4	2	2	2	2	2	2
ST11C	1	3	0	0	0	4	3	2
ST12A	2	2	2	2	2	2	2	2
ST12B	2	0	2	2	2	2	1,66	1,66

5.1 Analyse de variance (Chlorophytes)

Les résultats d'une ANOVAR sur ces tableaux (10 et 11) de biodiversité α et d'abondance des algues vertes sont présentés ci-dessous :

k1=p-1	7	F obs. (Biodiversité)	4.05
		F obs. (Abondance)	2.82
K2=n-p	248	F95%	2.05
		F99%	2.71

Les analyses des variances de la richesse spécifique et de l'abondance des algues vertes pour les 8 campagnes ne montrent pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%.

Tableau n°12 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des algues vertes pour tous les transects à chaque mission

ANOVAR de la richesse spécifique des algues vertes	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
Richesse spécifique moyenne	2,91	2,25	2,00	2,00	0,88	2,75	2,15	1,74
Ecart type	2,61	1,83	1,78	1,61	1,31	1,90	1,53	1,08
Intervalle de confiance (IC:0,95)	0,90	0,63	0,62	0,56	0,46	0,66	0,53	0,37
Coefficient de Variation	0,90	0,81	0,89	0,80	1,50	0,69	0,71	0,62
n	32	32	32	32	32	32	32	32

Tableau n°13 : Analyse de la Variance de l'abondance des algues vertes pour tous les transects à chaque mission

ANOVAR de l'abondance des algues vertes	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
Richesse spécifique moyenne	2,31	2,41	1,75	1,81	2,06	2,66	2,83	2,21
Ecart type	1,28	1,50	1,19	1,20	1,29	1,31	1,33	1,10
Intervalle de confiance (IC:0,95)	0,44	0,52	0,41	0,42	0,45	0,45	0,46	0,38
Coefficient de Variation	0,55	0,62	0,68	0,66	0,63	0,49	0,47	0,50
n	32	32	32	32	32	32	32	32

L'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho : les 8 séries (de biodiversité et d'abondance) ont des variances différentes. Il y a des différences entre les missions, du point de vue quantitatif puisque le protocole n'a jamais évolué. Pour les algues vertes, seules les variations saisonnières ou les évènements climatiques et dépressionnaires sont donc susceptibles d'être enregistrées.

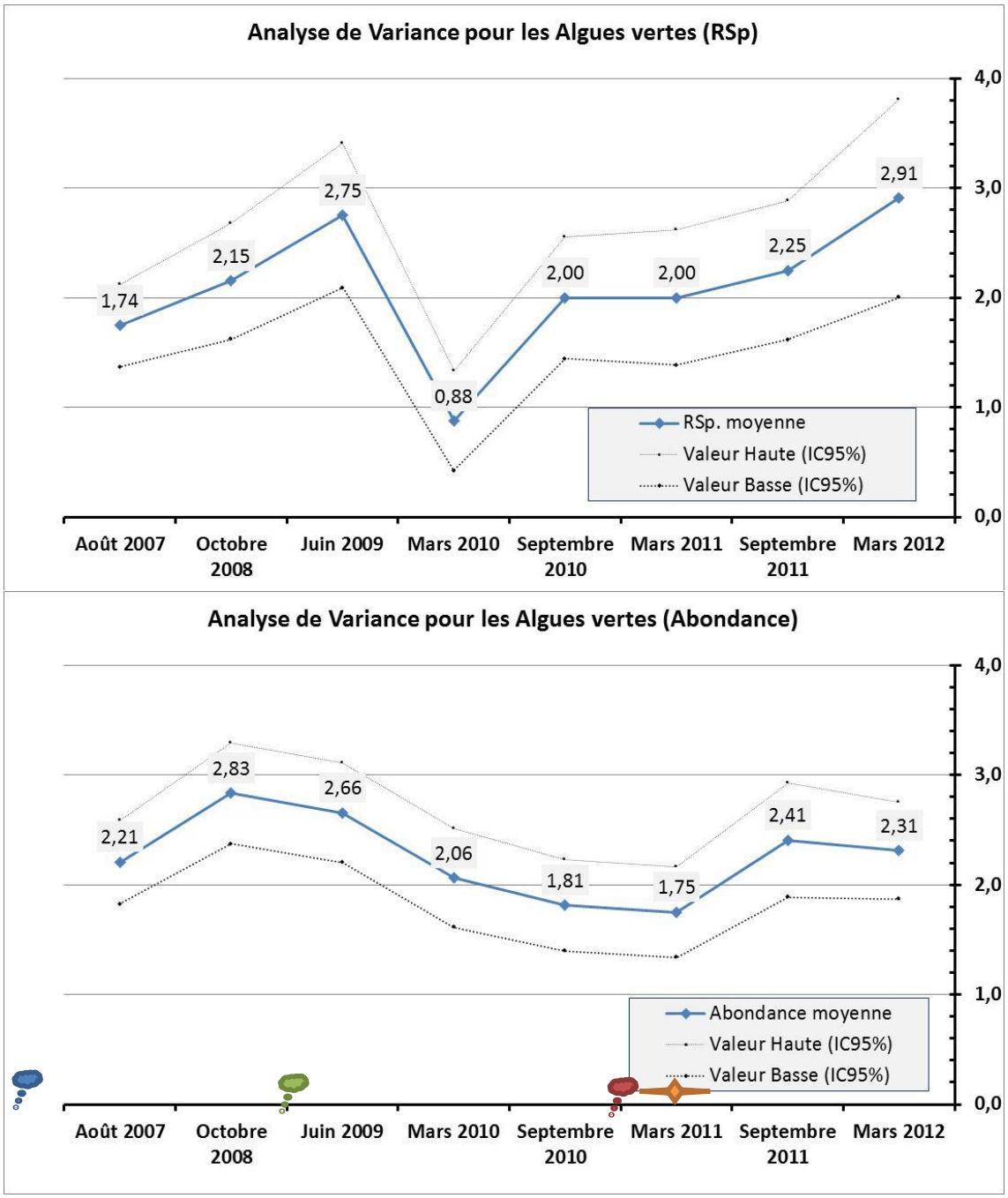


Figure n°4 : Valeurs de la richesse spécifique moyenne et de l'abondance moyenne des algues vertes

Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance. Les nuages sur l'axe des abscisses indiquent les évènements dépressionnaires (nuage bleu : Becky du 25 au 29 mars 2007; nuage vert : Jasper du 22 au 26 mars 2009; nuage rouge : Vania 8 et 16 janvier 2011 et Zelia du 14 au 17 janvier 2011) et l'étoile orange indique le phénomène climatique la Niña.

5.2 Test de Friedman (Chlorophytes)

Il devient alors intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement. On considèrera les tableaux 10 (biodiversité) et 11 (abondance) en classant les valeurs en ligne (de 1 à 8).

Tableau n°14 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique et de l'abondance des algues vertes pour toutes les missions

KHI 2 obs. (Biodiversité)	34.6			
KHI 2 obs. (Abondance)	32.3			
ddl= 7	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	14.067	16.013	18.475	20.278

L'Ho d'identité de colonnes n'est pas vérifiée. Le rejet est important : **ce test montre que des variations de biodiversité et d'abondance existent entre les missions mais les intervalles de confiances sont importants. La diversité et l'abondance des algues vertes montrent des évolutions dans le temps mais il n'apparait pas de similitude concernant les évènements dépressionnaires ni les cycles saisonniers des genres les plus abondants.**

Tableau n°15 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des algues vertes pour chaque mission

	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	6,5	3	3	3	8	6,5	3	3
ST01B	5,5	5,5	2	2	8	5,5	2	5,5
ST02A	3,5	3,5	3,5	3,5	1	6,5	6,5	8
ST02B	6	6	6	6	1,5	6	3	1,5
ST03A	6,5	4	1,5	6,5	4	8	4	1,5
ST03B	8	4	4	4	4	4	4	4
ST03C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST04A	7	5,5	3	3	1	8	5,5	3
ST04B	3,5	3,5	3,5	3,5	1	6,5	8	6,5
ST04C	3	3	3	3	3	7	7	7
ST05A	8	6	6	6	1	3	3	3
ST05B	8	4,5	4,5	1	4,5	4,5	4,5	4,5
ST05C	2	2	6	6	2	6	6	6
ST06A	1,5	3,5	1,5	6,5	3,5	6,5	6,5	6,5
ST06B	3	3	3	5,5	1	7,5	7,5	5,5
ST06C	5	5	1,5	5	1,5	5	5	8
ST07A	5	2	2	7,5	2	7,5	5	5
ST07B	7,5	2,5	2,5	2,5	5,5	7,5	2,5	5,5
ST07C	7	7	3	3	3	3	7	3
ST08A	7,5	7,5	5	2	2	5	5	2
ST08B	6	8	2,5	2,5	6	2,5	6	2,5
ST09A	8	6	6	1,5	1,5	3,5	6	3,5
ST09B	8	5	5	5	1	5	5	2
ST09C	8	5,5	5,5	3,5	1	7	3,5	2
ST10A	6	6	6	6	2	6	2	2
ST10B	4,5	2,5	6,5	6,5	1	8	4,5	2,5
ST10C	3,5	3,5	7	3,5	3,5	8	3,5	3,5
ST11A	5	5	2	2	2	7	8	5
ST11B	6,5	6,5	6,5	6,5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST11C	4,5	7,5	1,5	1,5	4,5	7,5	4,5	4,5
ST12A	5,5	2	5,5	5,5	1	5,5	5,5	5,5
ST12B	5	1,5	8	5	1,5	5	5	5
(∑Rg)	174,5	140	126,5	128,5	85	181	151	129,5
(∑Rg)^2	30450,25	19600	16002,25	16512,25	7225	32761	22801	16770,25
Ordonnancement	7	5	2	3	1	8	6	4

Tableau n°16 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de l'abondance des algues vertes pour chaque mission

	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	4	4	4	4	4	4	4	8
ST01B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST02A	4,5	4,5	2	2	2	7,5	7,5	6
ST02B	7,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5,5	5,5	7,5
ST03A	5	5	2	2	2	7,5	7,5	5
ST03B	5,5	5,5	2	2	2	8	5,5	5,5
ST03C	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	8	4,5	1
ST04A	3	3	3	3	3	6,5	8	6,5
ST04B	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7	8
ST04C	3	3	3	3	3	7	7	7
ST05A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05B	5	5	5	1	5	5	5	5
ST05C	1,5	1,5	4,5	4,5	4,5	4,5	7,5	7,5
ST06A	1,5	3	1,5	6	6	6	6	6
ST06B	7,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	3,5
ST06C	4	4	1	4	7	7	7	2
ST07A	4	4	4	4	4	4	8	4
ST07B	7	2,5	2,5	2,5	7	7	2,5	5
ST07C	7	7	3	3	3	3	7	3
ST08A	6	8	2,5	2,5	2,5	6	6	2,5
ST08B	6,5	8	3	3	3	3	6,5	3
ST09A	2,5	2,5	6	6	6	6	6	1
ST09B	6,5	6,5	3	3	6,5	1	6,5	3
ST09C	6,5	3	3	3	6,5	6,5	6,5	1
ST10A	6,5	3	3	3	3	8	6,5	3
ST10B	2,5	2,5	5,5	5,5	5,5	5,5	8	1
ST10C	3	3	6,5	3	3	8	3	6,5
ST11A	6	8	2,5	2,5	2,5	2,5	6	6
ST11B	7	8	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
ST11C	4	7	2	2	2	7	7	5
ST12A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST12B	5	1	5	5	5	5	5	5
(∑Rg)	140	126,5	97	97	115,5	159,5	177,5	131
(∑Rg)^2	19600	16002,25	9409	9409	13340,25	25440,25	31506,25	17161
Ordonnancement	6	4	1,5	1,5	3	7	8	5

5.3 Conclusion (Chlorophytes)

Le recouvrement des algues vertes est représenté principalement par le genre *Halimeda* dans les trois systèmes (baie de Prony, canal Woodin et Canal de la Havannah).

Cependant, la station ST09 du banc de Kié (particulièrement soumise aux agents hydrodynamiques dans le canal de la Havannah), se distingue par sa diversité et l'importance de recouvrement des genres *Halimeda*, *Codium*, *Caulerpa* et *Dictyosphaeria*.
En milieu tropical, le genre *Halimeda* se caractérise durant l'année par un recouvrement important entre **les mois de novembre à avril et un recouvrement faible entre les mois de mai à octobre. Hors les relevés semestriels des missions ne permettent pas d'appréhender ces variations de recouvrement.**
On constate que les valeurs de biodiversité et d'abondance varient peu compte tenu des intervalles de confiance importants durant la période 2007 à 2012. Cependant les valeurs de diversité de la mission de mars 2010 montrent une anomalie négative. Il s'avère que la station (ST09 du banc Kié), présente une

richesse spécifique particulièrement faible en mars 2010 par rapport aux autres missions. Cette station est très exposée aux agents hydrodynamiques qui sont susceptibles de balayer et d'arracher les macrophytes.

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres mais il n'apparait pas de similitude concernant les évènements dépressionnaires ni les cycles saisonniers des genres les plus abondants. Toutes ces fluctuations n'ont peut-être aucune explication rationnelle, **cependant on ne constate pas de prolifération, ni de diminution de la biodiversité au cours du temps.**

Les résultats quantitatifs de diversité et d'abondance des algues vertes ne montrent pas de prolifération, ni de diminution de la biodiversité au cours du temps.

Aucune espèce invasive (exogène), ni espèce envahissante (indigène) d'algues vertes n'a été répertoriée sur les stations de suivi.

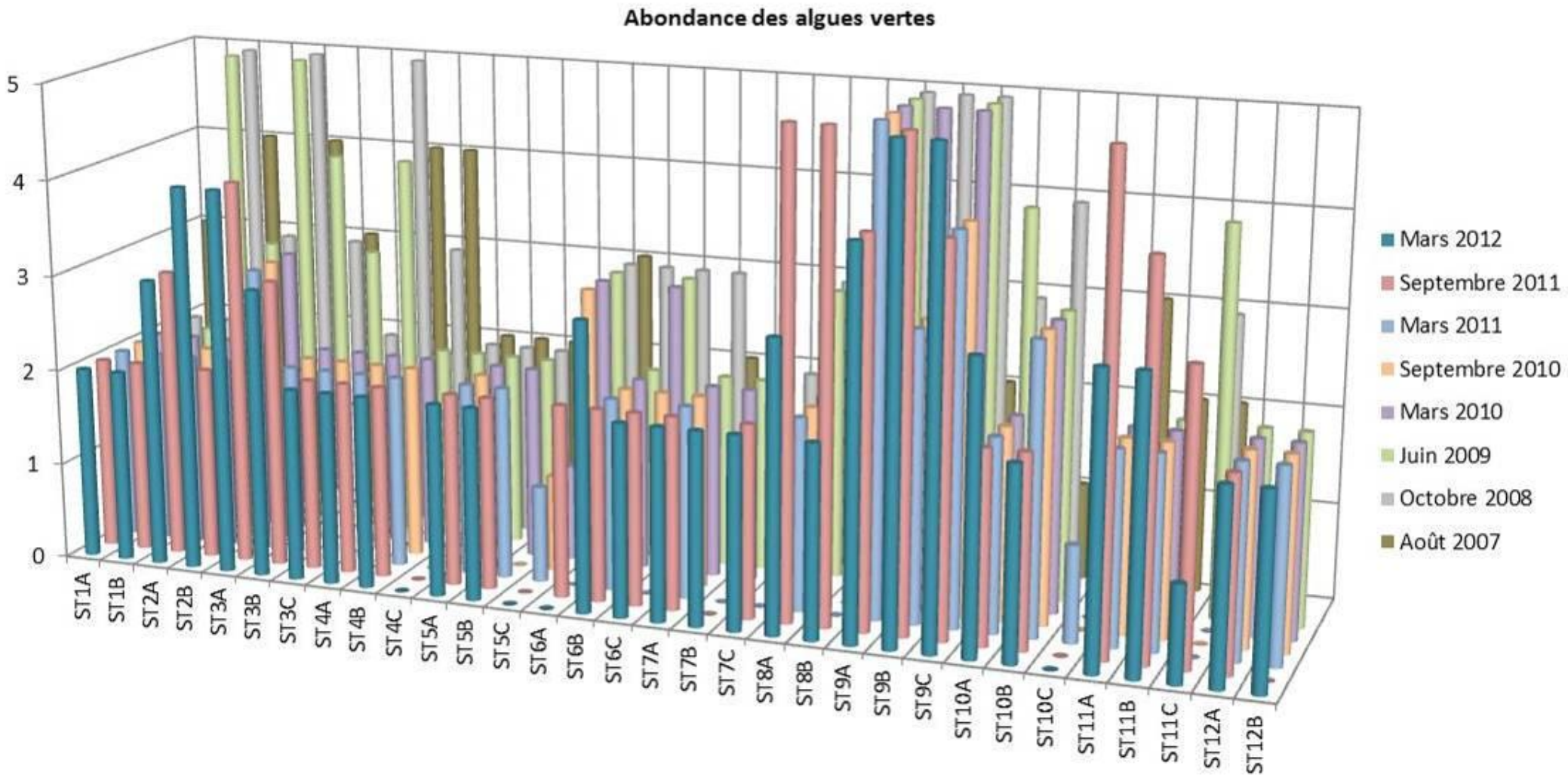


Figure n°5 : Abondance (échelle 1 à 5) des algues vertes (tous transects, à chaque mission)

6 Résultats pour les algues rouges

Rappel : ces résultats sont obtenus par la méthode du couloir.

Les valeurs des biodiversités α et d'abondance des algues rouge selon les différentes transects pour toutes les missions de 2007 à 2012 sont résumées dans les tableaux 17 et 18 respectivement.
L'abondance est aussi représentée graphiquement sur la figure 07.

Tableau n°17 : Valeur de la richesse spécifique des algues vertes pour tous les transects à chaque mission

Biodiversité Algues rouges	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	0	2	1	1	0	0	1	0
ST01B	0	2	0	1	0	0	0	0
ST02A	1	1	1	1	1	1	1	1
ST02B	1	1	1	1	1	1	1	1
ST03A	1	1	1	1	1	1	1	1
ST03B	1	1	1	1	1	1	1	1
ST03C	1	1	1	1	1	1	1	1
ST04A	1	1	1	1	1	1	1	1
ST04B	1	1	1	1	1	1	1	1
ST04C	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05A	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05B	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05C	1	1	1	1	1	1	1	1
ST06A	3	4	2	4	3	3	4	2
ST06B	3	5	2	4	3	2	4	2
ST06C	3	5	2	2	2	2	4	1
ST07A	1	2	1	1	1	1	1	1
ST07B	1	2	0	1	1	1	1	1
ST07C	1	2	0	0	0	1	1	1
ST08A	3	4	3	3	3	3	4	2
ST08B	4	6	3	3	3	4	4	2
ST09A	2	3	1	2	2	2	3	2
ST09B	2	3	2	3	2	2	4	3
ST09C	2	2	2	2	2	2	5	2
ST10A	1	1	1	2	2	2	2	2
ST10B	1	2	1	1	1	1	2	2
ST10C	1	2	1	1	1	1	2	1
ST11A	2	3	2	2	2	2	4	1
ST11B	4	4	3	3	3	3	2	2
ST11C	2	3	2	0	1	1	1	0
ST12A	0	0	0	0	0	1	*0,16*	*0,16*
ST12B	0	0	0	0	0	1	*0,16*	*0,16*

Tableau n°18 : Valeur d'abondance des algues rouges pour tous les transects à chaque mission

Abondance Algues rouges	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	0	3	2	2	0	0	2	0
ST01B	0	3	0	2	0	0	0	0
ST02A	3	3	3	3	3	3	3	3
ST02B	3	3	3	3	3	3	3	3
ST03A	3	3	3	3	3	3	3	3
ST03B	4	4	4	4	4	4	4	3
ST03C	2	2	2	2	2	2	2	3
ST04A	2	2	2	2	2	2	2	2
ST04B	2	2	2	2	2	2	2	2
ST04C	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05A	3	3	3	3	3	3	3	3
ST05B	2	2	2	2	2	2	2	2
ST05C	2	2	2	2	2	2	2	2
ST06A	3	5	3	3	3	3	5	3
ST06B	3	5	2	2	2	2	5	5
ST06C	3	5	2	2	2	2	5	2
ST07A	3	5	2	4	2	2	3	5
ST07B	2	3	0	2	2	2	5	4
ST07C	2	5	0	0	0	2	4	1
ST08A	3	5	2	3	3	3	5	3
ST08B	3	5	3	3	3	3	4	3
ST09A	5	5	3	4	4	4	5	3
ST09B	5	5	4	4	4	4	5	4
ST09C	5	5	4	4	4	3	5	3
ST10A	2	2	2	2	2	2	3	2
ST10B	2	2	2	2	2	2	2	1
ST10C	2	5	2	2	2	2	2	1
ST11A	3	5	3	5	5	5	5	3
ST11B	3	5	4	5	5	5	5	3
ST11C	2	4	2	0	3	3	4	0
ST12A	0	0	0	0	0	2	*0,33*	*0,33*
ST12B	0	0	0	0	0	2	*0,33*	*0,33*

6.1 Analyse de variance (Rhodophytes)

Les résultats d'une ANOVAR sur ces tableaux (17 et 18) de biodiversité α et d'abondance des algues rouges sont présentés ci-dessous :

k1=p-1	7	F obs. (Biodiversité)	2.76
		F obs. (Abondance)	3.39
K2=n-p	248	F95%	2.05
		F99%	2.71

Les analyses des variances de la richesse spécifique et de l'abondance des algues rouges pour les 8 campagnes ne montrent pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%.

Tableau n°19 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des algues rouges pour tous les transects à chaque mission

ANOVAR de la richesse spécifique des algues rouges	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
Richesse spécifique moyenne	1,47	2,13	1,25	1,47	1,34	1,44	1,89	1,20
Ecart type	1,08	1,50	0,84	1,08	0,94	0,88	1,44	0,72
Intervalle de confiance (IC:0,95)	0,37	0,52	0,29	0,37	0,32	0,30	0,50	0,25
Coefficient de Variation	0,73	0,70	0,67	0,73	0,70	0,61	0,76	0,60
n	32	32	32	32	32	32	32	32

Tableau n°20 : Analyse de la Variance de l'abondance des algues rouges pour tous les transects à chaque mission

ANOVAR de l'abondance des algues rouges	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
Richesse spécifique moyenne	2,44	3,41	2,16	2,44	2,34	2,50	3,18	2,30
Ecart type	1,32	1,58	1,19	1,34	1,38	1,14	1,59	1,36
Intervalle de confiance (IC:0,95)	0,46	0,55	0,41	0,47	0,48	0,39	0,55	0,47
Coefficient de Variation	0,54	0,46	0,55	0,55	0,59	0,45	0,50	0,59
n	32	32	32	32	32	32	32	32

L'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho : les 8 séries ont des variances différentes. Il y a des différences entre les années, du point de vue quantitatif puisque le protocole n'a jamais évolué.

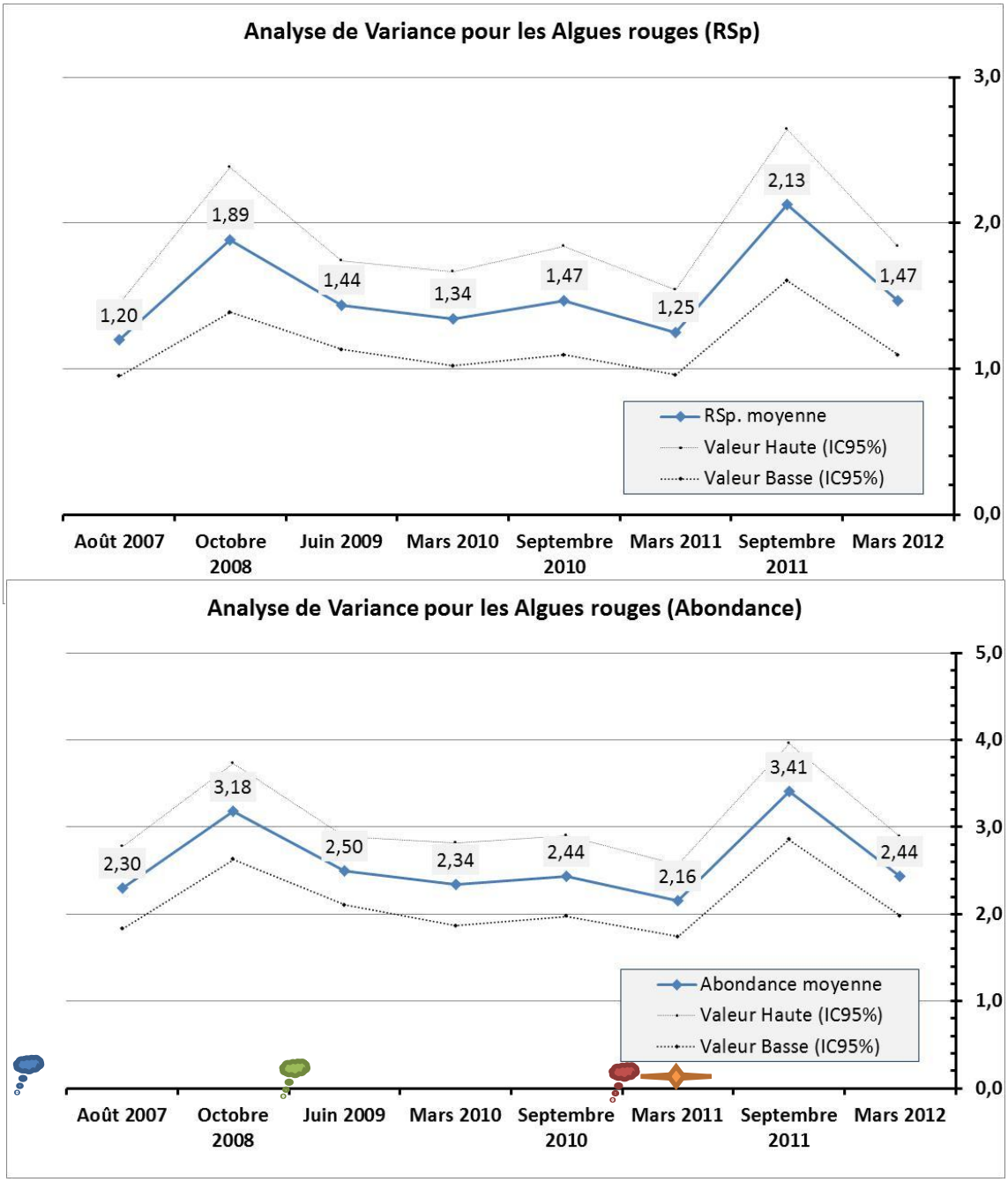


Figure n°6 : *<u>Valeur de la richesse spécifique moyenne et de l'abondance moyenne des algues rouges</u>*

Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance. Les nuages sur l'axe des abscisses indiquent les évènements dépressionnaires (nuage bleu : Becky du 25 au 29 mars 2007; nuage vert : Jasper du 22 au 26 mars 2009; nuage rouge : Vania 8 et 16 janvier 2011 et Zelia du 14 au 17 janvier 2011) et l'étoile orange indique le phénomène climatique la Niña.

6.2 Test de Friedman (Rhodophytes)

Il devient alors intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement. On considèrera les tableaux 17 et 18 en classant les valeurs en ligne (de 1 à 8).

Tableau n°21 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique et de l'abondance des algues rouges pour toutes les missions

KHI 2 obs. (Biodiversité))	37.5			
KHI 2 obs. (Abondance)	36.8			
ddl= 7	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	14.067	16.013	18.475	20.278

L'Ho d'identité de colonnes n'est pas vérifiée. Le rejet est important : **ce test montre que des variations de biodiversité et d'abondance existent entre les missions. La diversité des algues rouges montre des évolutions dans le temps (saisonnalité et phénomène d'arrachement par les évènements exceptionnels).**

Tableau n°22 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des algues rouges à chaque mission

	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	2,5	8	6	6	2,5	2,5	6	2,5
ST01B	3,5	8	3,5	7	3,5	3,5	3,5	3,5
ST02A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST02B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST03A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST03B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST03C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST04A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST04B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST04C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST06A	4	7	1,5	7	4	4	7	1,5
ST06B	4,5	8	2	6,5	4,5	2	6,5	2
ST06C	6	8	3,5	3,5	3,5	3,5	7	1
ST07A	4	8	4	4	4	4	4	4
ST07B	4,5	8	1	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ST07C	5,5	8	2	2	2	5,5	5,5	5,5
ST08A	4	7,5	4	4	4	4	7,5	1
ST08B	6	8	3	3	3	6	6	1
ST09A	4	7,5	1	4	4	4	7,5	4
ST09B	2,5	6	2,5	6	2,5	2,5	8	6
ST09C	4	4	4	4	4	4	8	4
ST10A	2	2	2	6	6	6	6	6
ST10B	3	7	3	3	3	3	7	7
ST10C	3,5	7,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	3,5
ST11A	4	7	4	4	4	4	8	1
ST11B	7,5	7,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1,5	1,5
ST11C	6,5	8	6,5	1,5	4	4	4	1,5
ST12A	4	4	4	4	4	8	4	4
ST12B	4	4	4	4	4	8	4	4
(∑Rg)	89,5	143	69,5	92	79	91	123	69
(∑Rg)^2	8010,25	20449	4830,25	8464	6241	8281	15129	4761
Ordonnancement	4	8	2	6	3	5	7	1

Tableau n°23 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de l'abondance des algues rouges à chaque mission

	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	2,5	8	6	6	2,5	2,5	6	2,5
ST01B	3,5	8	3,5	7	3,5	3,5	3,5	3,5
ST02A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST02B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST03A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST03B	5	5	5	5	5	5	5	1
ST03C	4	4	4	4	4	4	4	8
ST04A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST04B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST04C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST06A	3,5	7,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	3,5
ST06B	3	7	3	3	3	3	7	7
ST06C	6	7,5	3	3	3	3	7,5	3
ST07A	4,5	7,5	2	6	2	2	4,5	7,5
ST07B	3,5	6	1	3,5	3,5	3,5	8	7
ST07C	5,5	7,5	2	2	2	5,5	7,5	4
ST08A	4	7,5	1	4	4	4	7,5	4
ST08B	3,5	8	3,5	3,5	3,5	3,5	7	3,5
ST09A	7	7	1,5	4	4	4	7	1,5
ST09B	7	7	3	3	3	3	7	3
ST09C	7	7	4	4	4	1,5	7	1,5
ST10A	4	4	4	4	4	4	8	4
ST10B	5	5	5	5	5	5	5	1
ST10C	4,5	8	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1
ST11A	2	6	2	6	6	6	6	2
ST11B	1,5	6	3	6	6	6	6	1,5
ST11C	4,5	7,5	4,5	1,5	4,5	4,5	7,5	1,5
ST12A	4	4	4	4	4	8	4	4
ST12B	4	4	4	4	4	8	4	4
(∑Rg)	99	149	77	96,5	88,5	97,5	141	79,5
(∑Rg)^2	9801	22201	5929	9312,25	7832,25	9506,25	19881	6320,25
Ordonnancement	6	8	1	4	3	5	7	2

6.3 Conclusion (Rhodophytes)

Le recouvrement des algues rouges est représenté principalement dans les trois systèmes (baie de Prony, canal Woodin et Canal de la Havannah), par les genres *Asparagopsis* et *Amphiroa* puis dans une moindre mesure par l'espèce *Trichogloea requienii*.

Les algues rouges sont présentes en abondance sur tous les transects de suivi excepté pour la station ST12 (Ugo) où leur développement reste restreint. Par contre, elles affectionnent particulièrement les hauts de récifs exposés aux agents hydrodynamiques dans le canal de la Havannah (ST06, ST07, ST08, ST09 et ST11).
En milieu tropical, les genres *Asparagopsis* et *Trichogloea* présentent des variations saisonnières très

remarquables. Leur développement est très important à la fin de l'hiver austral et elles peuvent disparaitre à la fin de l'été austral. Alors qu'*Amphiroa* est une algue calcaire pérenne et robuste.

Les relevés semestriels des missions permettent d'appréhender ce phénomène de saisonnalité car les périodes de mission correspondent à des phases du cycle des algues rouges (septembre : fin de l'hiver austral ; mars : fin de l'été austral). Cette caractéristique est nettement visible sur les récifs où l'hydrodynamisme est intense car durant leur période de senescence les thalles sont balayées et arrachés de leur substrat (fin de l'été austral).

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres et il apparait que les périodes les plus diversifiées et les plus abondantes sont corrélées pour les algues rouges et que cette période correspond à la fin de l'hiver austral (saison fraiche et sèche : octobre 2008, septembre 2010 et septembre 2011). Cependant, les intervalles de confiance durant la période 2007 à 2012 restent importants.

Aucune espèce invasive (exogène), ni d'espèce envahissante (indigène) d'algues rouges n'a été répertoriée sur les stations de suivi.

Cependant, le statut du genre *Asparagopsis* en Nouvelle-Calédonie reste à définir car il existe différents clades (étude phylogénétique). Ce genre est répertorié sur la liste IUCN comme comptant des espèces introduites et invasives dans les zones subtropicales et tempérées.
Son développement est à surveiller à long terme dans la zone d'étude car il constitue un compétiteur spatial important (menace) pour les communautés coralliennes et particulièrement les coraux durant sa phase de développement (fin de l'hiver austral et début de l'été austral).

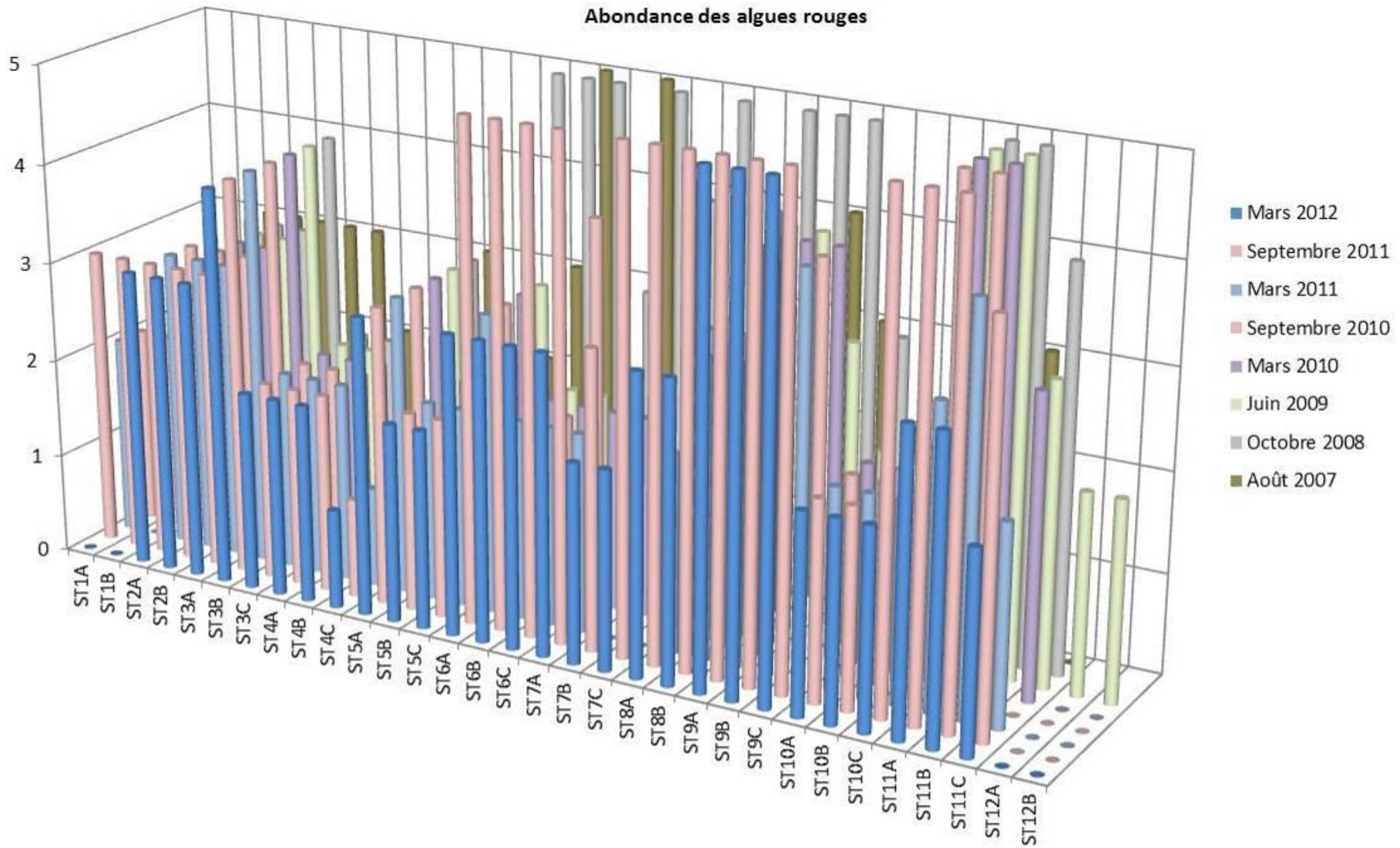


Figure n°7 : Abondance (échelle 1 à 5) des algues rouges (tous transects, à chaque mission)

7 Résultats pour les algues brunes

Rappel : ces résultats sont obtenus par la méthode du couloir.

Les valeurs des biodiversités α et d'abondance des algues brunes selon les différentes transects pour toutes les missions de 2007 à 2012 sont résumées dans les tableaux 24 et 25 respectivement.
L'abondance est aussi représentée graphiquement sur la figure 09.

Tableau n°24 : Valeur de la richesse spécifique des algues brunes pour tous les transects à chaque mission

Biodiversité Algues brunes	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	5	5	5	5	5	5	6	5
ST01B	5	5	6	6	5	5	7	6
ST02A	1	1	1	1	1	2	2	1
ST02B	1	1	1	1	1	2	2	1
ST03A	3	3	3	3	3	3	1	1
ST03B	2	2	2	2	2	1	1	1
ST03C	2	2	2	2	2	1	1	1
ST04A	1	0	0	0	0	0	0	0
ST04B	1	0	0	0	0	0	0	0
ST04C	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ST05A	1	0	0	1	1	2	2	1
ST05B	0	0	0	0	1	0	0	1
ST05C	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ST06A	0	0	0	0	1	3	3	3
ST06B	1	1	1	1	0	2	2	2
ST06C	1	1	1	1	0	1	2	0
ST07A	1	0	0	0	1	2	2	1
ST07B	1	0	0	1	1	1	1	0
ST07C	1	1	0	0	0	0	2	0
ST08A	2	2	1	1	1	2	2	1
ST08B	1	2	1	1	1	1	2	0
ST09A	1	0	0	0	1	1	1	2
ST09B	0	0	0	0	0	0	3	2
ST09C	0	0	0	0	0	0	1	1
ST10A	0	1	0	0	0	0	1	0
ST10B	0	1	0	0	0	0	1	0
ST10C	0	0	0	0	0	0	2	0
ST11A	0	0	0	0	0	0	1	1
ST11B	1	0	0	0	0	0	1	1
ST11C	0	1	1	1	1	1	1	1
ST12A	1	1	1	1	0	3	*1,16*	*1,16*
ST12B	1	0	0	0	0	3	0,66	0,66

Tableau n°25 : Valeur de l'abondance des algues brunes pour tous les transects à chaque mission

Abondance Algues brunes	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	5	5	5	5	5	5	5	5
ST01B	4	4	5	5	5	5	5	4
ST02A	3	3	5	5	5	5	5	4
ST02B	3	3	5	5	5	4	4	3
ST03A	4	4	4	4	4	4	4	4
ST03B	5	5	5	5	5	5	5	5
ST03C	5	5	5	5	5	5	5	4
ST04A	2	0	0	0	0	0	0	0
ST04B	2	0	0	0	0	0	0	0
ST04C	0	0	0	0	0	0	0	0
ST05A	2	0	0	2	2	2	3	3
ST05B	0	0	0	0	2	0	0	2
ST05C	0	0	0	0	0	0	0	0
ST06A	0	0	0	0	2	4	4	4
ST06B	3	2	2	2	0	2	3	3
ST06C	2	3	3	3	0	2	3	0
ST07A	3	0	0	0	2	2	3	3
ST07B	2	0	0	2	2	2	2	0
ST07C	2	2	0	0	0	0	3	0
ST08A	2	2	2	3	2	5	3	3
ST08B	2	0	2	2	2	2	2	0
ST09A	2	0	0	0	2	2	4	5
ST09B	0	0	0	0	0	0	3	4
ST09C	0	0	0	0	0	0	3	3
ST10A	0	1	0	0	0	0	3	0
ST10B	0	1	0	0	0	0	2	0
ST10C	0	0	0	0	0	0	3	0
ST11A	0	0	0	0	0	0	3	3
ST11B	2	0	0	0	0	0	4	3
ST11C	0	2	2	2	3	3	3	2
ST12A	2	1	1	2	0	4	1,66	1,66
ST12B	2	0	0	0	0	4	*1*	*1*

7.1 Analyse de variance (Chromophytes)

Les résultats d'une ANOVAR sur ces tableaux (24 et 25) de biodiversité α et d'abondance des algues brunes sont présentés ci-dessous :

k1=p-1	7	F obs. (Biodiversité)	2.72
		F obs. (Abondance)	4.90
K2=n-p	248	F95%	2.05
		F99%	2.71

L'analyse des variances de la richesse spécifique des algues brunes pour les 8 campagnes ne montre pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%.

Tableau n°26 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des algues brunes pour tous les transects à chaque mission

ANOVAR de la richesse spécifique des algues brunes	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
Richesse spécifique moyenne	1,06	0,94	0,81	0,88	0,88	1,28	1,62	1,09
Ecart type	1,27	1,34	1,45	1,43	1,31	1,44	1,52	1,38
Intervalle de confiance (IC:0,95)	0,44	0,47	0,50	0,50	0,46	0,50	0,53	0,48
Coefficient de Variation	1,19	1,43	1,78	1,64	1,50	1,13	0,94	1,27
n	32	32	32	32	32	32	32	32

Tableau n°27 : Analyse de la Variance de l'abondance des algues brunes pour tous les transects à chaque mission

ANOVAR de l'abondance des algues brunes	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
Richesse spécifique moyenne	1,84	1,34	1,44	1,63	1,66	2,09	2,80	2,18
Ecart type	1,63	1,75	2,02	2,00	1,96	2,02	1,58	1,82
Intervalle de confiance (IC:0,95)	0,56	0,61	0,70	0,69	0,68	0,70	0,55	0,63
Coefficient de Variation	0,88	1,30	1,40	1,23	1,18	0,97	0,56	0,84
n	32	32	32	32	32	32	32	32

L'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho : les 8 séries ont des variances différentes. **Il y a des différences entre les années, du point de vue quantitatif puisque les structures sont les mêmes. Le protocole n'a jamais évolué pour les macrophytes, seules les variations saisonnières ou induites par une dépression sont donc enregistrées.**

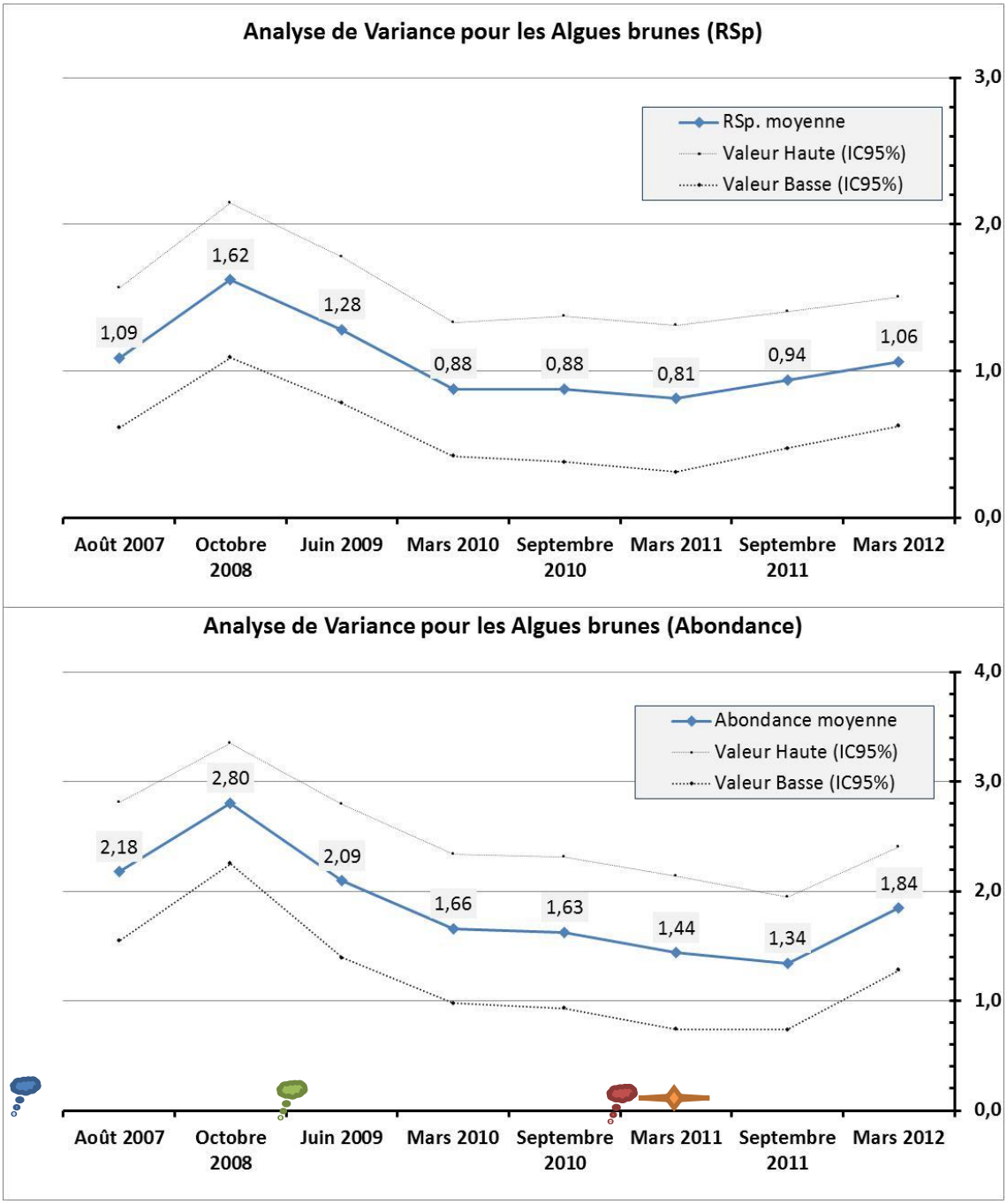


Figure n°8 : Valeurs de la richesse spécifique moyenne et de l'abondance moyenne des algues brunes

Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance. Les nuages sur l'axe des abscisses indiquent les évènements dépressionnaires (nuage bleu : Becky du 25 au 29 mars 2007; nuage vert : Jasper du 22 au 26 mars 2009; nuage rouge : Vania 8 et 16 janvier 2011 et Zelia du 14 au 17 janvier 2011) et l'étoile orange indique le phénomène climatique la Niña.

7.2 Test de Friedman (Chromophytes)

Il devient alors intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement. On considèrera les tableaux 24 et 25 en classant les valeurs en ligne (de 1 à 8).

Tableau n°28 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique et de l'abondance des algues brunes pour toutes les missions

KHI 2 obs. (Biodiversité)	21.2			
KHI 2 obs. (Abondance)	26.6			
ddl= 7	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	14.067	16.013	18.475	20.278

L'Ho d'identité de colonnes n'est pas vérifiée : ce test montre que des variations de biodiversité existent entre les missions. **La diversité des macrophytes montre des évolutions dans le temps (saisonnalité et phénomène d'arrachement par les évènements exceptionnels).**

Tableau n°29 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des algues brunes à chaque mission

	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	4	4	4	4	4	4	8	4
ST01B	2,5	2,5	6	6	2,5	2,5	8	6
ST02A	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	7,5	3,5
ST02B	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	7,5	3,5
ST03A	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	1,5	1,5
ST03B	6	6	6	6	6	2	2	2
ST03C	6	6	6	6	6	2	2	2
ST04A	8	4	4	4	4	4	4	4
ST04B	8	4	4	4	4	4	4	4
ST04C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05A	4,5	1,5	1,5	4,5	4,5	7,5	7,5	4,5
ST05B	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	3,5	3,5	7,5
ST05C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST06A	3	3	3	3	3	7	7	7
ST06B	3,5	3,5	3,5	3,5	1	7	7	7
ST06C	5	5	5	5	1,5	5	8	1,5
ST07A	5	2	2	2	5	7,5	7,5	5
ST07B	6	2	2	6	6	6	6	2
ST07C	6,5	6,5	3	3	3	3	8	3
ST08A	6,5	6,5	2,5	2,5	2,5	6,5	6,5	2,5
ST08B	4	7,5	4	4	4	4	7,5	1
ST09A	5,5	2	2	2	5,5	5,5	5,5	8
ST09B	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	8	7
ST09C	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	7,5
ST10A	3,5	7,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	3,5
ST10B	3,5	7,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	3,5
ST10C	4	4	4	4	4	4	8	4
ST11A	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	7,5
ST11B	7	3	3	3	3	3	7	7
ST11C	1	5	5	5	5	5	5	5
ST12A	4,5	4,5	4,5	4,5	1	8	4,5	4,5
ST12B	7	3,5	3,5	3,5	3,5	8	3,5	3,5
(∑Rg)	141	127,5	112	119	116,5	147	184,5	132,5
(∑Rg)^2	19881	16256,25	12544	14161	13572,25	21609	34040,25	17556,25
Ordonnancement	6	4	1	3	2	7	8	5

Tableau n°30 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de l'abondance des algues brunes à chaque mission

	03/12	09/11	03/11	09/10	03/10	06/09	10/08	08/07
ST01A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST01B	2	2	6	6	6	6	6	2
ST02A	1,5	1,5	6	6	6	6	6	3
ST02B	2	2	7	7	7	4,5	4,5	2
ST03A	-	-	-	-	-	-	-	-
ST03B	-	-	-	-	-	-	-	-
ST03C	5	5	5	5	5	5	5	1
ST04A	8	4	4	4	4	4	4	4
ST04B	8	4	4	4	4	4	4	4
ST04C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST05A	4,5	1,5	1,5	4,5	4,5	4,5	7,5	7,5
ST05B	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	3,5	3,5	7,5
ST05C	-	-	-	-	-	-	-	-
ST06A	2,5	2,5	2,5	2,5	5	7	7	7
ST06B	7	3,5	3,5	3,5	1	3,5	7	7
ST06C	3,5	6,5	6,5	6,5	1,5	3,5	6,5	1,5
ST07A	7	2	2	2	4,5	4,5	7	7
ST07B	6	2	2	6	6	6	6	2
ST07C	6,5	6,5	3	3	3	3	8	3
ST08A	2,5	2,5	2,5	6	2,5	8	6	6
ST08B	5,5	1,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	1,5
ST09A	5	2	2	2	5	5	7,5	7,5
ST09B	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	7,5
ST09C	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	7,5
ST10A	3,5	7	3,5	3,5	3,5	3,5	8	3,5
ST10B	3,5	7	3,5	3,5	3,5	3,5	8	3,5
ST10C	4	4	4	4	4	4	8	4
ST11A	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	7,5
ST11B	6,5	3	3	3	3	3	8	6,5
ST11C	1	3,5	3,5	3,5	7	7	7	3,5
ST12A	5,5	2,5	2,5	5,5	1	8	5,5	5,5
ST12B	7	2,5	2,5	2,5	2,5	8	5,5	5,5
(∑Rg)	121,5	92,5	99,5	113	113	131	173,5	128
(∑Rg)^2	14762,25	8556,25	9900,25	12769	12769	17161	30102,25	16384
Ordonnancement	5	1	2	3,5	3,5	7	8	6

7.3 Conclusion (Chromophytes)

Les algues brunes sont particulièrement abondantes en baie de Prony et leur recouvrement est similaire d'une mission à l'autre car le genre *Lobophora* domine les récifs de cette baie durant toute l'année (algue pérenne). Cependant, d'autres genres sont présent en abondance en baie de Prony, comme *Padina*, *Dictyota* et dans une moindre mesure *Sargassum* et *Turbinaria.*

Dans le canal Woodin et canal de la Havannah, le recouvrement en algues brunes est beaucoup plus faible et disparate entre les récifs. Certaines stations ne présentent que très peu de diversité et de recouvrement (ST04, ST05, ST09, ST10 et ST11) et pour les autres stations ces facteurs sont très variables selon les saisons et le régime hydrodynamique.

Les relevés semestriels des missions mettent en valeur que la richesse spécifique et le recouvrement étaient plus important en octobre 2008. Durant cette mission, un développement des genres *Dictyota* et *Padina* était constaté sur quelques récifs de la baie de Prony et du canal de la Havannah. Depuis, le recouvrement a diminué et s'est stabilisé indépendamment des saisons. Cependant, les intervalles de confiance durant la période 2007 à 2012 reste importante.

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres mais il n'apparait pas de similitude concernant les évènements dépressionnaires, ni les cycles saisonniers des genres les plus abondants. Les résultats quantitatifs de diversité et d'abondance des algues brunes sont à considérer comme stables depuis juin 2009.

Aucune espèce invasive (exogène), ni d'espèce envahissante (indigène) d'algues brunes n'a été répertoriée sur les stations de suivi.

Cependant, le développement du genre *Lobophora* est à surveiller à long terme car il constitue un compétiteur spatial important pour les coraux. Il s'avère que ce genre est très bien développé en baie de Prony et il pourrait avoir des caractéristiques d'une espèce envahissante (indigène) dans certaines zones comme le Creek baie nord (ST02) et le port (ST03). Si les conditions environnementales venaient à changer (principalement augmentation de la turbidité), certaines espèces coralliennes pourraient être perturbées et le genre *Lobophora* pourrait ainsi se développer à la défaveur des coraux puis étouffer une grande partie des récifs.

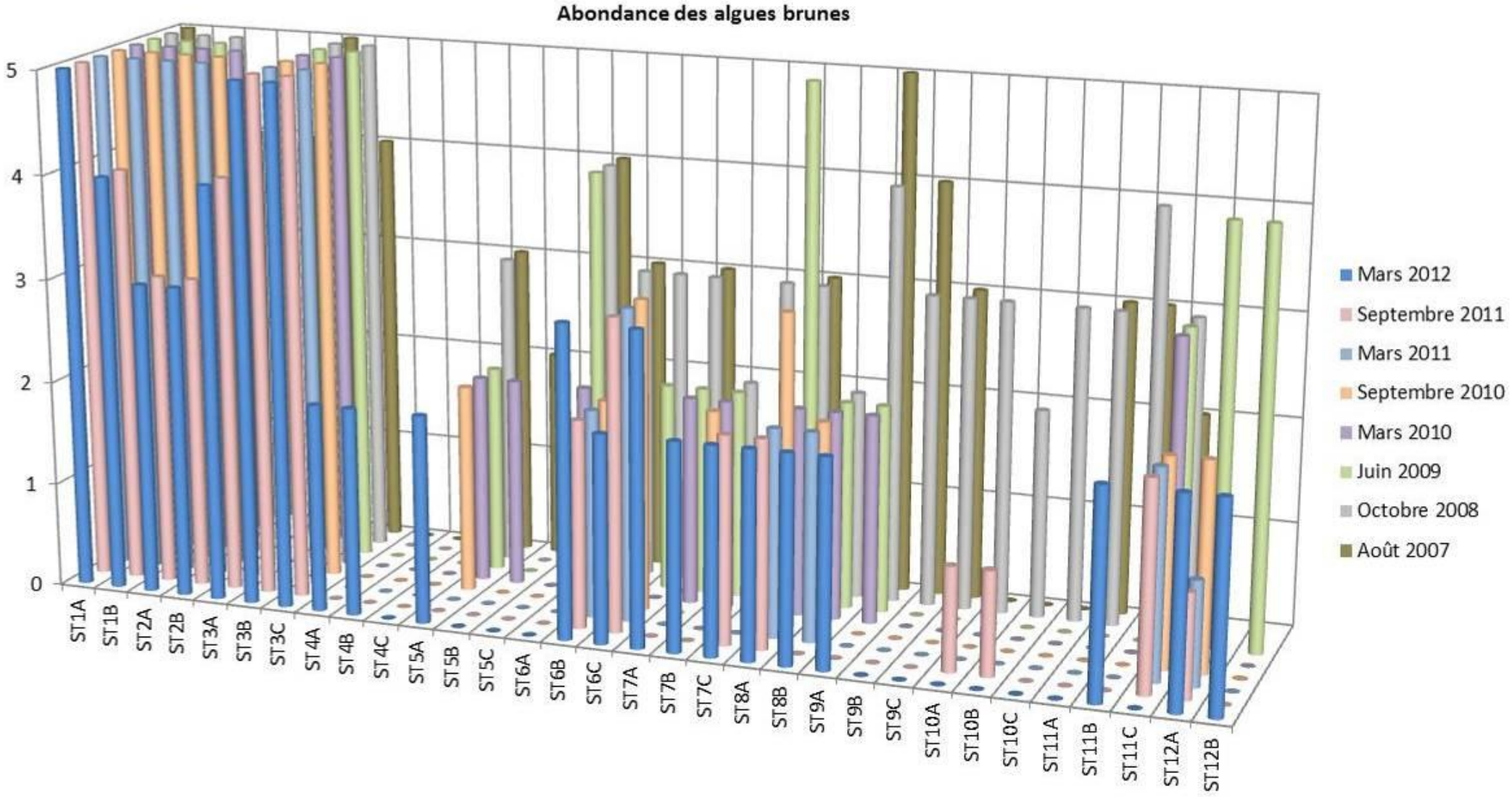


Figure n°9 : Abondance (échelle 1 à 5) des algues brunes (tous transects, à chaque mission)

8 Résultats pour les cyanobactéries

8.1 Méthode du couloir

Les données récoltées entre août 2007et mars 2012 en ce qui concerne l'abondance (selon l'indice semi-quantitatif (1 à 5)) des cyanobactéries sont synthétisées dans les deux graphiques des figures 10 et 11.

Le recouvrement des cyanobactéries reste modéré : quelques pics de développement ont été enregistrés mais ces derniers ne perdurent pas dans le temps.
Les caractéristiques morphologiques sont essentiellement de type filamenteuse et dans une moindre mesure en forme de pompon. Elles colonisent quelques colonies mortes en place, quelques coraux blanchis et affaiblis (maladie de la bande blanche), des colonies retournées et les débris coralliens.

Avec le recul et le suivi en place, leur développement n'a pas été jugé prolifique pour aucune mission/station mais reste à surveiller avec une grande attention.

8.2 Méthode du LIT

Les données récoltées entre août 2007et mars 2012 en ce qui concerne le recouvrement des cyannobactéries (en %) sont synthétisées dans le tableau 31 et la figure 12.

Dans l'ensemble, hormis certains pics d'efflorescence, le recouvrement en cynaobatéries reste assez faible : il est de 0 à 4.5% selon les missions et les stations, la grande majorité des enregistrements étant nuls.
Les développements majeurs sont :

- en juin 2009 : 46.5% au transect supérieur du Port (ST03A),
- en mars 2011 : 24% au transect bas de Puka (ST08B),
- en septembre 2011 : 18% au transect bas de Casy (ST01B) et 6.5% au transect intermédiaire du Port (ST03B).

En cumulé, les stations comme l'îlot Kié (ST10A, 8.5%) ou Toémo (ST11B, 6.5%) se distinguent légèrement, ayant des recouvrements faibles mais relativement constants en cyanobactéries.

Tableau n°31 : Recouvrement en cyanobactéries (%) pour tous les transects à chaque mission

Recouvreent (%) Cyanobactéries	03/2012	09/2011	03/2011	09/2010	03/2010	06/2009	10/2008	08/2007
ST01A	0	0	1,5	0	0	0	1	0
ST01B	0	18	0	0,5	0	0	0	0
ST02A	0	0	0	0	0	0	0	0
ST02B	0	0	0	0	0	0	0	0
ST03A	0	0	0	0	0,5	46,5	0	0
ST03B	0	6,5	0	0,5	0	0	0	0
ST03C	0	0	0	0	0	0	0	0
ST04A	0	0	0	0	0	0	0	0
ST04B	0	0	0	0	0	0	0	0
ST04C	0	0	0	0	0	0	0	0
ST05A	0	0	0	0	0	0	0	0
ST05B	0	0	0,5	0	0	0	0	0
ST05C	0	0	0	0	0	0	0	0
ST06A	0	0	0	0	0	0	0	0
ST06B	0,5	0	0,5	2,5	0	0	0	0
ST06C	0	1	1	0	1	2	0	0
ST07A	0	0	0	0	0	0	0,5	0
ST07B	0,5	0	0	0	1,5	0	0	0
ST07C	2	0	1	0	0,5	0	0	0
ST08A	0	0,5	4	0	1,5	0	0	0
ST08B	0	0,5	24	0,5	0	0	0	0
ST09A	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0
ST09B	0	0,5	2,5	1	0	0	0,5	0
ST09C	0	0	1	0	0	0	0,5	0
ST10A	0,5	0,5	2	4,5	0,5	0,5	0	0
ST10B	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5
ST10C	0	0	0	0	0	0	0,5	0
ST11A	0	0,5	0,5	0	0	1	0	0
ST11B	0	0	3,5	0,5	0	2,5	0	0
ST11C	1	1,5	1	0,5	0	0,5	0	0
ST12A	0	0	0,5	0	0	0	*0,083*	*0,083*
ST12B	0	0	0	0	0,5	0	*0,083*	*0,083*

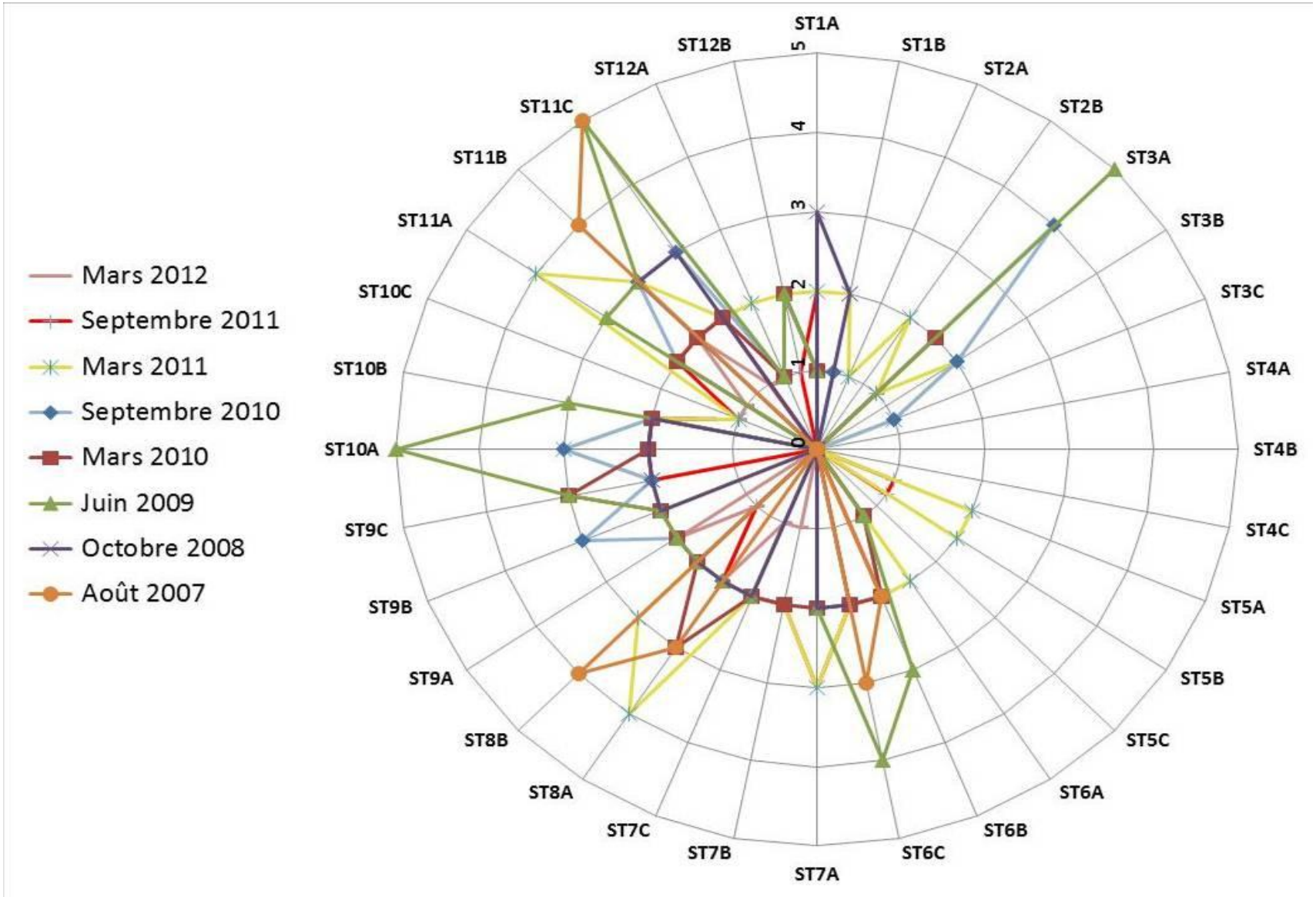


Figure n°10 : *<u>Abondance des cyanobactéries pour tous les transects, à chaque mission (Radar)</u>*

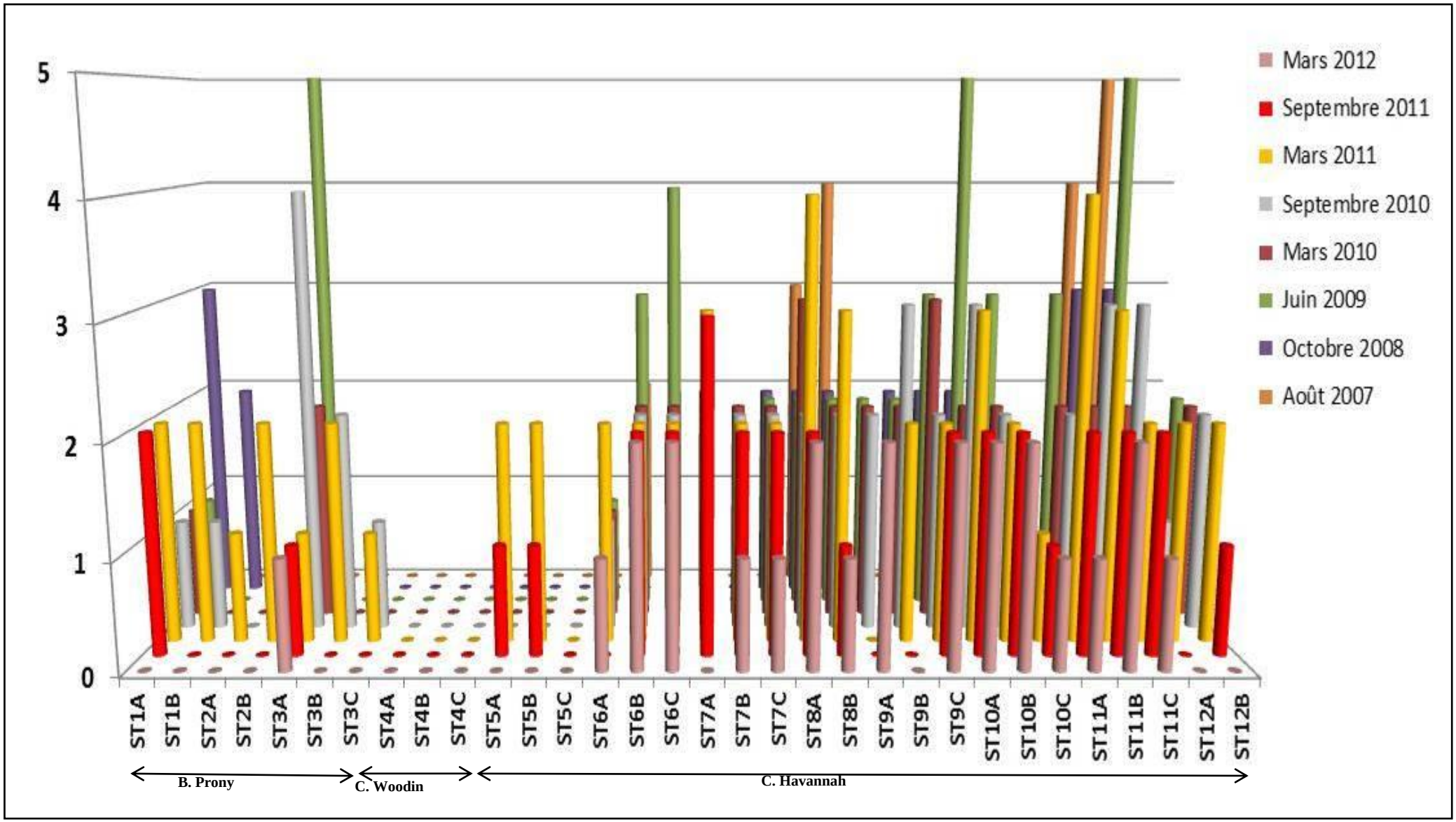


Figure n°11 : <u>Abondance des cyanobactéries pour tous les transects, à chaque mission (Histogramme)</u>

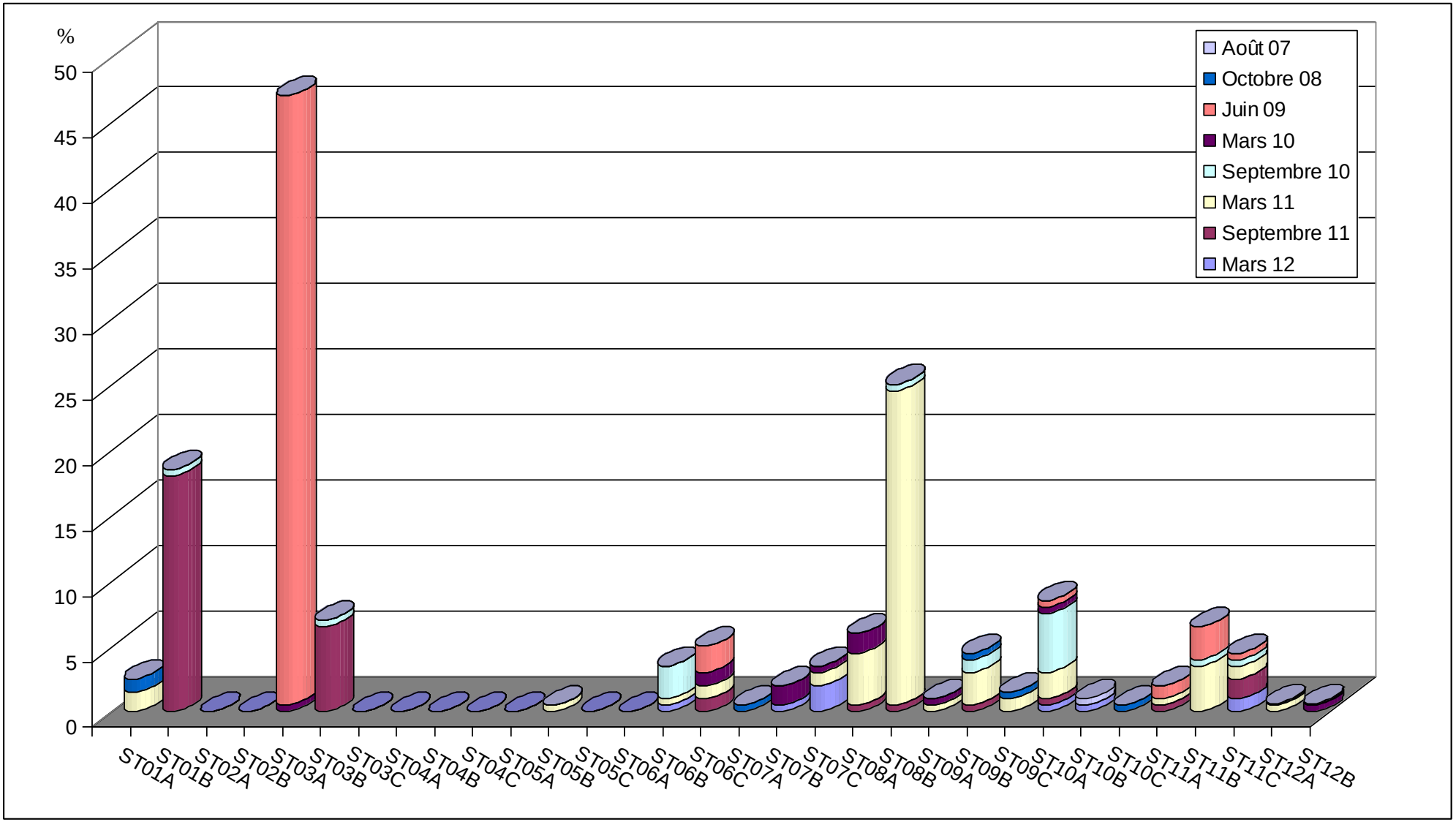


Figure n°12 : Recouvrement (%) des cyanobactéries, pour tous les transects, en cumulé pour toutes les missions

8.3 Conclusion (Cyanobactéries)

Si les résultats obtenus avec les deux protocoles sont comparés, les grandes variations sont similaires. Quelques rares résultats individuels ne le sont pas forcément : en effet, il peut y avoir quelques « plaques » de cyanobactéries dans un couloir, sans que celles-ci ne se trouvent jamais sous le transect : elles ne sont alors pas détectées par la méthode du LIT.

Recouvrement dans la zone d'étude

Les cyanobactéries ont été observées particulièrement sur les stations du canal de la Havannah, dans une moindre mesure pour la baie de Prony et très rarement dans le canal Woodin.

Leur recouvrement est variable:

a) selon les dégradations récifales engendrées par les facteurs environnementaux (dessalure, turbidité, hydrodynamisme),
b) selon les évènements exceptionnels (dépression, cyclones et phénomène climatique el Niño/la Niña),
c) selon la profondeur (exposition et lumière),
d) selon la nature du substrat (la vase et les débris corallien favorisent les proliférations),
e) selon la saisonnalité (température de l'eau),
f) selon la proximité d'une source anthropisée (port de l'usine).

En effet chaque système est soumis à des paramètres environnementaux différents (nature, intensité et durée). Les perturbations engendrées sur les récifs vont permettre aux cyanobactéries de se développer (réactions en chaine).

- Canal de la Havannah : l'hydrodynamisme intense (courant de marée, houle et ressac) va favoriser les dégradations mécaniques des coraux (colonies retournées, cassées et débris coralliens). Les débris coralliens et les colonies brisées vont dévaler la pente récifale et peuvent être le siège de développement important de cyanobactéries (développement localisé mais ces cyanobactéries sont généralement rapidement balayées par les courant de marée).

Ce phénomène est accentué sur les récifs les plus exposés et peu profonds (ST07A, ST08A&B, ST10A, ST11A) et sur les récifs où les débris dévalent la pente récifale (couloir d'effondrement : ST06B&C, ST09B&C, ST11B&C).

- Baie de Prony : la dessalure et la turbidité des eaux de surface entraînent du blanchissement et une mortalité corallienne. Les cyanobactéries se développent particulièrement dans les niveaux bathymétriques peu profonds (colonie morte en place, apport de lumière) et dans les zones vaseuses.

Ce phénomène est accentué durant la saison humide aux embouchures de creeks et rivières sur les récifs peu profonds et pour la station 03 à proximité du port de l'usine où la remobilisation des sédiments (hélice des bateaux) est importante et entraîne épisodiquement des perturbations.

- Canal Woodin : les courants de marées sont importants mais les colonies coralliennes sont adaptées à cet environnement. Les récifs de ST04 sont relativement protégés lors d'évènements exceptionnels.
Très peu de cyanobactéries s'y développent.

Causes des développements

Le phénomène de développement cyanobactérien est accentué :

- Durant les évènements exceptionnels : dépressionnaires (tempêtes et cyclones) et climatiques (el Niño/la Niña).
Les missions avec les plus forts recouvrements de cyanobactéries sont toujours postérieures à des périodes dépressionnaires :

- la mission de août 2007 suite à la dépression tropicale forte « Becky» en mars 2007,
- la mission de juin 2009 suite à la dépression tropicale forte « Jasper » du mois de février,
- la mission de mars 2011 suite aux cyclones et dépression tropicale forte « Vania et Zelia » et l'évènement climatique la Niña (au mois de janvier et tout le début d'année 2011).

- Durant la saison humide : les précipitations augmentent et les eaux de ruissellement charrient une quantité importante de sédiments aux embouchures des rivières et des creeks.

- Activités anthropiques : la diminution du couvert végétal et le ruissellement entraînent une augmentation de la concentration en matière en suspension dans les eaux des creeks et rivières. Ces perturbations peuvent engendrer des dégradations coralliennes et le développement de cyanobactéries.
De plus, le port de l'usine accueille de nombreux minéraliers, gaziers et autres grands bateaux qui remobilisent avec leur hélice les sédiments sur les récifs à proximité. De plus ,si ces bateaux mouillent dans la baie, leur chaîne et leur ancre peuvent remobiliser les sédiments et entrainer des dégradations mécaniques sur les colonies coralliennes.

Toute dégradation importante sur les communautés coralliennes d'origine naturelle ou anthropique entraîne inexorablement un développement intempestif de cyanobactéries. Pour l'instant, à ce jour, ces perturbations n'ont pas perduré dans le temps et le recouvrement des cyanobactéries ne s'est pas amplifié.
D'autre part, si l'apport de matière en suspension évoluait vers une augmentation (au-delà des apports caractéristiques des écosystèmes de fond de baie et embouchure) cela pourrait avoir de grandes répercussions dans le temps et dans l'espace sur les communautés coralliennes et particulièrement sur les coraux scléractiniaires (induisant une diminution de la pénétration de la lumière, l'augmentation de la concentration en nutriments, la mortalité de nombreuses espèces), et ainsi sur le développement important de cyanobactéries. Pour ces raisons, les stations du Port (ST03, située à l'est du port et face à l'embouchure d'un creek, qui connaît parfois des efflorescences) et du Creek baie nord (ST02, située au sud de l'embouchure de ce creek, relativement toujours indemne) sont à surveiller avec une grande attention.
Une vigilance particulière est à prendre en considération suite aux évènements exceptionnels de type naturel (dépression, cyclone, el Niño, la Niña) et de type anthropique (apports des MES dans l'eau, remobilisation des sédiments, pollutions).

9 Cas particuliers des espèces exogènes / invasives / envahissantes

9.1 Définitions

L'introduction d'espèce exogène est préoccupante car **tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive** (espèce envahissante exogène)**. Les espèces invasives peuvent réguler leur croissance et s'étendre dans leur nouvel habitat en causant des perturbations dans les communautés biologiques locales.**

***- Espèce exogène* (espèce exotique ou espèce non indigène ou espèce allochtone) :** Se dit d'une espèce qui provient d'un autre pays, d'une autre région du monde, qui n'est pas native de l'endroit.

- Espèce invasive : Une espèce invasive ou espèce envahissante exogène ou espèce exotique envahissante est une espèce non native de la zone concernée (introduite) et qui devient un agent de perturbation nuisible à la biodiversité autochtone des écosystèmes naturels ou semi-naturels parmi lesquels elle s'est établie.

- Espèce indigène (ou espèce native ou espèce autochtone) :Qualifie la nature d'une espèce particulière native d'une région particulière ; se dit d'un organisme ou d'une espèce qui est naturellement originaire (indigène, autochtone) d'un environnement ou d'une région. Son contraire est espèce non indigène ou espèce exogène ou espèce allochtone.

- Espèce envahissante : Il ne faut pas confondre une espèce invasive, qui vient d'ailleurs, avec une espèce envahissante dont le potentiel de reproduction est important mais qui est une espèce indigène.

La notion écologique d'espèce invasive et d'espèce envahissante est récente : Pour la comprendre, il faut savoir que les équilibres entre espèces au sein des écosystèmes, à l'échelle de temps humaine au moins, sont relativement bien établis. Sans intervention humaine, les phénomènes d'extension brutale de l'aire de répartition d'une espèce (dite invasive) sont extrêmement rares. Les besoins des sociétés humaines conduisent à l'exploitation plus ou moins intense des écosystèmes et affectent la biodiversité.

Il faut donc bien faire la différence entre une espèce invasive (exogène à la base) et envahissante (indigène), même si les 2 phénomènes sont à surveiller du fait de leurs conséquences néfastes sur l'environnement.

9.2 Espèces exogènes / invasives

Les activités minières et industrielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie génèrent un haut niveau de risque d'introduction, d'installation et de diffusion d'espèces exogènes notamment par l'importance du trafic de marchandises (en particulier via le port international de Prony) et par les nombreuses voies de pénétration ouvertes dans les milieux naturels.

Au vu de l'étendue de la zone géographique (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah), de la complexité et la multiplicité des habitats présents et à la diversité importante des taxons potentiels, nos observations sur les stations d'étude biologique sont mineures et seraient à préciser et renforcer avec un plan d'échantillonnage et une méthodologie plus adaptés à la problématique des espèces exogènes, si celle-ci venait à être identifiée par les administrations compétentes.
Cependant, au cours des différentes plongées, au fur et à mesure de la détermination des espèces rencontrées, quel que soit l'embranchement, nous essayons de détecter la présence d'espèces exogènes, invasives ou non.

A ce jour aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'étude.
Il n'y a donc pas de phénomène d'invasion actuellement.

9.3 Espèces envahissantes

Par rapport aux taxons (indigènes) qui sont observés durant ces suivis :

- **L'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année** (depuis le suivi d'août 2007), **ne présentent pas, de manière permanente, d'anomalie caractéristique d'espèces envahissantes** qui pourraient nuire à l'environnement.
- **Toutefois, une attention particulière doit être portée sur l'évolution du recouvrement de deux genres de macrophytes** (***Asparagopsis*** et ***Lobophora)***. Si ces macrophytes venaient à être identifuées par les administrations compétentes comme cibles d'études de suivis spécifiques dans le lagon calédonien, des investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadras) afin d'évaluer leur potentiel de nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace.

Les proliférations de macro-algues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement, une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

- L'algue rouge du genre *Asparagopsis* présente un développement saisonnier très important (particulièrement en fin d'hiver austral et début d'été austral), dans certaines zones du canal de la Havannah comme le banc Ionotea (ST06), le banc de Kié (ST09) et le récif de Toémo (ST11). Ce genre est répertorié sur la liste IUCN comme un genre qui comporte des espèces introduites et invasives dans les zones subtropicales et tempérées. Le statut du genre *Asparagopsis* en tant qu'espèce invasive *vs* espèce envahissante reste à définir en Nouvelle-Calédonie car il existe de nombreux clades au sein de ce genre (espèces proches par la phylogénie). Ce genre est très souvent épiphyte sur d'autres algues. Il peut également constituer une menace pour les organismes benthiques et particulièrement pour les cnidaires (coraux) par les effets écologiques de sa prolifération et la toxicité naturelle sur la santé du corail.

- L'algue brune du genre *Lobophora* est également à surveiller à long terme car elle constitue un compétiteur spatial important pour les coraux. Ce genre se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony et il pourrait éventuellement avoir des caractéristiques d'une espèce envahissante dans certaines zones comme le Creek Baie Nord (ST02) et le port de Goro (ST03). Si les conditions environnementales venaient à changer (principalement augmentation de la turbidité), certaines espèces coralliennes pourraient être perturbées et le genre *Lobophora* pourrait ainsi se développer à la défaveur des coraux puis étouffer une grande partie des récifs.

Ces deux genres sont actuellement suivis avec attention à chaque campagne.

10 Conclusion

Algues vertes

- Les résultats quantitatifs de diversité et d'abondance des algues vertes montrent des évolutions dans le temps mais il n'apparait pas de similitude concernant les évènements dépressionnaires ni les cycles saisonniers des genres les plus abondants.

- Aucune prolifération, ni de diminution de la biodiversité ne sont observées au cours du temps (depuis 2007).

- Aucune espèce invasive (exogène), ni espèce envahissante (indigène) d'algues vertes n'a été répertoriée sur les stations de suivi.

Algues rouges

- Les résultats quantitatifs de diversité et d'abondance des algues rouges montrent des évolutions dans le temps. Les périodes les plus diversifiées et les plus abondantes sont corrélées à la fin de l'hiver austral (saison fraiche et sèche : octobre 2008, septembre 2010 et septembre 2011). Cependant les intervalles de confiance durant la période 2007 à 2012 restent importants.

-Aucune diminution de la biodiversité n'est observée au cours du temps (depuis 2007).

-Aucune espèce invasive (exogène) d'algues rouges n'a été répertoriée sur les stations de suivi.
Remarque : **Cependant, le développement du genre *Asparagopsis* est à surveiller à long terme car il est répertorié sur la liste IUCN comme comptant des espèces introduites et invasives dans les zones subtropicales et tempérées.**
Il constitue un compétiteur spatial important pour les coraux durant sa phase de développement (fin de l'hiver austral).

Algues brunes

- Les résultats quantitatifs de diversité et d'abondance des algues brunes montrent des évolutions dans le temps mais il n'apparait pas de similitude concernant les évènements dépressionnaires ni les cycles saisonniers des genres les plus abondants.

-Aucune prolifération, ni de diminution de la biodiversité n'ont été observé au cours du temps (depuis 2007).

-Aucune espèce invasive (exogène) d'algues brunes n'a été répertoriée sur les stations de suivi.

- **Espèce envahissante : le développement du genre *Lobophora* est à surveiller à long terme** Pour l'instant son développement est régulier mais si les conditions environnementales venaient à évoluer (principalement augmentation de la turbidité), ce genre pourrait ainsi se développer à la défaveur des coraux puis étouffer une grande partie des récifs **(caractère d'espèce envahissante).**

Cyanobactéries

- Le recouvrement des cyanobactéries reste pour la majorité des stations et la plupart des missions très faible (< 4.5%).

- Certains pics d'efflorescence ont pu être enregistrés : dans des stations plus « fragiles » (influences anthropique ou naturelle) et notamment lors des missions suivants des événements dépressionnaires majeurs, sans cependant d'effets dévastateurs sur les communautés coralliennes. Jusqu'à ce jour, **ce sont des épisodes isolés et totalement temporaires.**

- Les proliférations de cyanobactéries entraînant des effets désastreux sur le milieu, elles restent un point important à surveiller, avec **une vigilance particulière suite à des évènements exceptionnels de type naturel ou anthropique.**

Espèces exogènes

- A ce jour aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'étude.
Il n'y a donc pas de phénomène d'invasion non plus.

- Du fait des activités de Vale Nouvelle-Calédonie, la zone est sensible à une introduction possible. Les impacts négatifs potentiels sur le milieu du développement d'une espèce exogène peuvent être très importants. De ce fait, **il faut** donc en plus des préventions prises en amont pour anticiper toute introduction, **continuer à surveiller attentivement le milieu naturel pour en détecter une le cas échéant**. La vitesse de réaction étant primordiale pour limiter les dégâts.

Espèces envahissantes

- A ce jour, aucune espèce envahissante n'a été répertoriée.

- Cependant (cf. paragraphes au-dessus), **deux genres sont actuellement surveillés particulièrement du fait de leur abondance et de leur caratère potentiel envahissant** : l'algue rouge du genre ***Asparagopsis*** et l'algue brune du genre ***Lobophora***.
Ce suivi précis est à maintenir impérativement.

11 Recommandations / Améliorations

L'équipe qui effectue ces suivis possède de solides connaissances dans le domaine de l'échantillonnage et en particulier sur la résolution des problèmes sur le terrain, qui peuvent entacher les résultats finaux.
Pour faciliter tant le travail terrain qu'ensuite le traitement des données, un certain nombre de recommandations est donné dans ce paragraphe.

Les améliorations proposées sont propres à un suivi adapté aux macrophytes.

Exhaustivité des données

L'étude de la biodiversité n'a pas été réalisée de manière exhaustive : **l'inventaire est réalisé pour les genres les plus abondants et les plus représentatifs** de chaque biotope et seulement au niveau spécifique lorsque cette identification est possible *in situ*.
Pour identifier toutes les espèces, il faudrait réaliser des prélèvements *in situ* afin de constituer un herbier et des analyses moléculaires (ADN).

Périodicité d'échantillonnage

La périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes car les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement ne sont pas forcément prises en compte. **Un suivi des macrophytes sur une période trimestrielle serait plus adéquat** pour identifier l'ensemble des variations et surtout les amplitudes maximales et minimales de diversité et d'abondance.

Précision / protocole des relevés

Les relevés d'abondance semi-quantitatifs permettent d'appréhender les variations de recouvrement pour chaque espèce recensées sur une échelle de 1 à 5 (rare à important).

Cependant, une **étude plus détaillée du genre *Asparagopsis*** (dans le canal de la Havannah) **et du genre *Lobophora*** (dans la baie de Prony) **serait pertinente pour une meilleure surveillance des risques potentiels** d'envahissement, d'invasion, de prolifération et de dégradations sur les communautés coralliennes.

Une étude comparative détaillée pourrait se baser sur le **suivi photographique de quadras** qui seraient placés dans les zones anthropisées à risque de perturbations ainsi que des zones témoins (en dehors de la zone d'influence).

Ainsi le genre *Lobophora* a des potentiels risques d'envahissement dans la baie de Prony. Plus précisément dans le réseau de suivi, les zones à risque concernées seraient la station du Port (ST03) et du Creek baie nord (ST02).

Le genre *Asparagopsis* a des risques potentiels d'envahissement dans le canal de la Havannah (récifs exposés aux agents hydrodynamiques). Plus précisément, dans le réseau de suivi les zones à risque concernées seraient les bancs coralliens immergées (ST06, ST07 et ST09) et le récif de Toémo (ST11). Cependant, le développement de ce genre est variable et sa répartition est relativement large, aussi les stations d'étude restent encore à préciser.

Station témoin

Les événements exceptionnels de type naturel (tels les dépressions, cylones, phases El Niño-La Niña) ou anthropiques entraînent des pertubations du milieu : modification de salinité, apports de MES dans l'eau, de nutriments, remobilisation des sédiments, pollution, etc.
Ces impacts sont particulièrements ressentis aux embouchures des creeks et rivières.

La mise en place d'une station témoin à proximité d'une embouchure (hors influence du projet bien sûr) pourrait donc permettre de discriminer les pertubations d'ordre naturel *vs* les impacts de l'activité de l'industriel.
La baie du Carénage voir la baie de Bonne Anse sont de bons sites potentiels.

12 Sources

Les différentes sources ayant servie à la rédaction du rapport sont présentées ci-dessous, avec, le cas échéant, les numéros qui rappellent les références citées dans le texte de cette étude.

2	A2EP, 2007. Rapport final pour le "Suivi de l'état des communautés coralliennes en baie de Prony et canal de la Havannah". Projet Goro Nickel. Mission Août 2007. Document : A2EP 037/07/E/NR – Version 01. 128p
	Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche n° 19 : Abondance des colonies coralliennes. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nikel et son environnement, pages 152-153
	Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche 20 : Recouvrement corallien. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nikel et son environnement, pages 154-155
	Andréfouët S., Torres-Pulliza D., 2004. Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa, Avril 2004, 26p + 22 planches
3	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission Octobre 2008. Contrat 1996. Document : AquaTerra_Rap_047-08_V02. 222p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission Octobre 2008. Contrat 1996. Document : AquaTerra_AtlasPho_047-08_V01. 96p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2009. Purchase Order E13690. Document : AquaTerra_Rap_009-09_V02. 176p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2009. Purchase Order E13690. Document : AquaTerra_AtlasPho_009-09_V01. 104p
4	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Purchase Order E15217. Document : AquaTerra_Rap_018-09_V03. 182p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Purchase Order E15217. Document : AquaTerra_ AtlasPho _018-09_V01. 96p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Contrat 1996 av1. Document : AquaTerra_Rap_006-09_V01. 256p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Contrat 1996 av1. Document : AquaTerra_AtlasPho_006-09_V01. 190p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission décembre 2009. Purchase Order E18597. Document : AquaTerra_Rap_048-09_V02. 205p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission décembre 2009. Purchase Order E18597. Document : AquaTerra_AtlasPho_048-09_V01. 98p
5	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission mars-avril 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_064-09_V01. 271p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission mars-avril 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_064-09_V01. 180p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2010. Purchase Order E29830. Document : AquaTerra_Rap_019-10_V01. 205p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour "Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2010. Purchase Order E29830. Document : AquaTerra_ AtlasPho _019-10_V01. 96p
6	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission septembre 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_058-10_V01. 276p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission septembre 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_058-10_V01. 200p
7	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_001-11_V01. 320p

	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_001-11_V01. 210p
8	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_040-11_V01. 342p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_040-11_V01. 211p
9	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2012. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_006-11_V01. 445p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2012. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_006-12_V01. 234p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2012. Purchase Order E29830. Document : AquaTerra_Rap_019-11_V01. 205p
	Aqua Terra : Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2012. Purchase Order E29830. Document : AquaTerra_Rap_019-11_V01. 205p
	Aqua Terra : Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2012. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_006-12_V01. 234p
	Arias-González J.E., Legendre P., Rodríguez-Zaragoza F. A., 2008. Scaling up beta diversity on Caribbean coral reefs Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 366, 28–36
	Avias J., 1959. Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. Extrait du Bul. Soc. Géo. Fr, 7è série, t.I, p 424-430
33	Barrabe A., 2003. Estimation de la richesse spécifique d'un herbier de sargasses de Nouvelle Calédonie. Rapport de stage (IRD), non publié, 22p
	Bellwood D.R., Hughes T.P., 2001. Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. Science 292, 1532–1534
	Bellwood D.R., Hughes T.P., Connolly S.R., Tanner J., 2005. Environmental and geometric constraints on Indo_Pacific coral reef biodiversity. Ecology Letters 8, 643–651
	Bemvenuti C. E., Rosa-Filho J. S., Elliott M., 2002. Changes in soft-bottom macrobenthic assemblages after a sulphuric acid spill in the Rio Grande Harbor (RS, Brazil). Braz. J. Biol., 63(2): 183-194, 2003. 12p
	Cabioch G., 1988. Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique. Publications de l'Université de Provence (ed.), Aix en Provence : 291 p. + 25 planches-photos
	Cabioch G., Payri C. & Pichon M., 2002. Mission Nouvelle-Calédonie. Octobre–novembre 2001. Forages îlot Bayes. Morphologie générale et Communautés algo-coralliennes. In : Cabioch G., Payri C., Pichon M., Corrège T., Butscher J., Dafond N., Escoubeyrou K, Ihilly C., Laboute P., Menou J.L. & Nowicki L., 2002. Forages sur l'Ilot Bayes sur le récif barrière de Poindimié (côte Est de Nouvelle-Calédonie) du 7 septembre au 27 octobre 2001. Rapports de mission, Sciences de la Terre, Géologie - Géophysique, Centre de Nouméa, n° 47 : 22 p. + annexes
	Catala R., 1950. Contribution à l'étude écologique des îlots coralliens du Pacifique Sud. Bull. Biol. France, Belgique, t. 84, p.234-310, pl. 1-2, 11 fig. Paris
	Catala R., 1958. Effets de fluorescence provoquée sur des coraux par l'action des rayons ultraviolets. C. r. Acad. Sci., Paris, 247: 1678-1679
	Catala R., 1959. Fluorescent effects from corals irradiated with ultra violet rays. Nature, 183 : 949
	Catala R., 1960. Nouveaux organismes marins présentant des effets de fluorescence par l'action des rayons ultraviolets. C. r. Acad. Sci., Paris, 250 (6) : 1128
	Catala R., 1964. Carnaval sous la mer. 141p. 48fig. (ed.) Sicard, Paris
	Catala R., 1992. Offrandes de la mer. 336 p. Papeete.: Ed. du Pacifique
	CEDRE, 2006. Guide d'intervention chimique, Acide sulfurique. 64p
18	Chauhan V. D. & Krishnamurthy V., 1967. Observations on the output of zoospores, their liberation, viability and germination in *Sargassum swartzii* (Turner) C. Ag.; Proceedings of the seminar on sea salt and plants, CSMCRI, Bhavnagar, pp. 197–201
19	Chauhan V. D. & Krishnamurthy V., 1967. Ecology and seasonal succession of *Sargassum swartzii* (Turner) C. Ag. in Indian waters; Phykos 10 1–11
20	Chauhan V. D., 1972. Physiological ecology of the early stages of *Sargassum swartzii* (Turner) C. Ag.; *Bot. Mar.* 15 49–51
21	Chauhan V. D. & Mairh O. P., 1978. Report on the survey of marine algae resources of Saurashtra coast; Salt Res. India 14(2) 21–41
	Chevalier J.P., 1964. Compte-rendu des missions effectuées dans le Pacifique en 1960 et 1962 (Mission d'étude des récifs coralliens de Nouvelle Calédonie). Cah. Pac., 6 : 172-175
	Chevalier J.P., 1968. Géomorphologie de l'île Maré. Les récifs actuels de l'île Maré. Les Madréporaires fossiles de Maré. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. 3 : 1-155
	Chevalier J.P., 1971. Les Scléractiniaires de la Mélanésie française (Nouvelle-Calédonie, "les Chesterfield, "les Loyauté, Nouvelles Hébrides). 1ère partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. 5 : 307 p

	Chevalier J.P., 1973. Coral reefs of New Caledonia. in : JONES O.A, ENDEAN R. (ed.) : Biology and geology of coral reefs. New York : Acad. Press. Vol 1, Geol. 1 : 143-166
	Chevalier J.P., 1975. Les Scléractiniaires de la Mélanésie française. 2ème partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. Vol. 7 : 407 p
	Chevalier J.P., 1980. Les coraux du lagon de la Nouvelle-Calédonie. in : DUGAS F., DEBENAY J.P. Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000. Feuille la Tontouta. Paris : ORSTOM. Not. Explic., 86 : 17-22
	Chorus I. & Bartram J., 1999. Toxic Cyanobacteria in Water : A guide to their public health consequences, monitoring and management. Geneva :World Health Organization, 416
	Condit R., Pitman N., Leigh Jr. E.G., Chave J., Terborgh J., Foster R.B., Núñe, P., Aguilar S.,Valencia R., Villa G., Muller-Landau H.C., Losos E., Hubbell S.P., 2001. Beta-diversity in tropical forest trees. Science 295, 666–669
	Dagnelie P., 1975. Théorie et méthodes statistiques, Les Presses Agronomiques de Gembloux, (Vol II) 463 p
39	Davis T.A., Volesky B. and Mucci A., 2003. A revue of biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. Wat. Res., 37: 4311-4330
	Dietrich D.R., 2001. Détecter les cyanotoxines des eaux. Biofutur, 209, 44-47
35	Dooley J. K., 1972. Fishes associated with the pelagic *Sargassum* complex, with a discussion of the *Sargassum* community; Contrib. Mar. Sci. 16 1–32
1	English S. and al., 1997. Survey manual for tropical marine resources (2nd Edition). Australian Institute of Marine Science. 390p
	Faure G., Thomassin B., Vasseur P., 1981. Reef coral assemblages on the windward slopes in the Noumea Lagoon (New Caledonia). Proc. 4th int. Coral Reef Symp., Manila, 18-22 May 1981. 293-301
	Fisk D. 2009 Best practice for LIT survey. Coral list Vol4 Issue 28
13	Fogg G.E., 1975. Algal cultures and Phytoplancton ecology. 2e éd., Univ. Wisconsin in Press.. Madison and Milwaukee, 3-175
	Friedman M., 1937. The use of ranks to avoid the normality implicit in the analysis of variance. J. Amer. Statist. Ass. (32) 675-701p
	Frontier S., 1982. Réflexions pour une théorie des écosystèmes. Bull. Ecol. 8 (4) : 445-464
	Gabrié C., Cros A., Chevillon C., Downer A. 2005. Analyse Eco-régionale marine de Nouvelle-Calédonie. Atelier d'identification des aires de conservation prioritaire. 112p
	Gardiner J.S., 1899. On the solitary corals. in : WILLEY A. (ed.), Zoological results based on material from New Britain, New Guinea, Loyalty Islands and elsewhere collected during the 1895-1896 and 1897. Londres : Camb. Univ. Press. Part 2 : 161-170
14	Garrigue C., 1985. Répartition et production organique et minérale de macrophytes benthiques du lagon de Nouvelle Calédonie. Thèse, Université des Sciences et Techniques du languedoc, Montpellier, 270 pp
	Garrigue C. & Tsuda R.T., 1988. Catalog of marine benthic algae from New Caledonia. Micronesico, 21, 53-70
15	Garrigue C. & Di Matteo A., 1991. La biomasse végétale benthique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Résultats bruts : liste taxonomique, biomasses, pigments chlorophylliens. Arch. Sci. Mer, Biol. iiiur., ORSTOM, Nouniea, 1, 143 pp
28	Godoy E.A.S. and Coutinho R., 2002. Can artificial beds of plastic mimics compensate for seasonal absence of natural beds of Sargassum furcatum? J. Mar. Sc., 59: S111 S115
	Goldman J.C. & Carpenter E.J., 1974. A kinetic approach to the effect of temperature on algal growth. Limnol. Oceanogr. 19: 756-66
	Guerloget O. & Perthuisot J.P., 1983. Le domaine paralique. Expressions geologique, biologique et économiques du confinement. Presses de l'Ecole Normale Supérieure (16) Paris: 136p
	Guille A., Menou J. L., Laboute P., 1986. Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie. Edition de l'ORSTOM. 238p
	Harada K.-I., Tsuji K. & Wanatabe M.F., 1996. Stability of microcystins from cyanobacteria. III. Effect of pH and temperature. Phycologia, 35 (6 Supplement), 83-88
	Harborne A.R., Mumby P.J., Zychaluk K., Hedley J.D., Blackwell P.G., 2006. Modeling the beta diversity of coral reefs. Ecology 87, 2871–2881
	Harmelin-Vivien M.L., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc, G. Lasserre, 1985 – Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. Revue d'Ecologie (Terre et Vie), vol. 40 : 80p
	Hatcher B.G., 1997. Coral reef ecosystems: how much greater is the whole than the sum of the parts? Coral Reefs 16, S77–S91
	Hawkins Sigrid V., 2006. "Feeding Preference of the Cushion Star, Culcita Novaeguineae in Mo'orea" (December 1, 2006). Water Resources Center Archives. Biology and Geomorphology of Tropical Islands (ESPM 107/IB 158)
23	Kendrick G. A., 1994. Effects of settlement density and adult canopy on survival of recruits of *Sargassum* spp. (Sargassaceae phaeophyta); Mar. Ecol. Progr. Ser. 103 129–140
24	Kendrick G. A. & Walker D. I., 1994. Role of recruitment in structuring beds of *Sargassum* spp. (Phaeophyta) at Rottnest Island, western Australia. J. Phycol. 30:200–8
25	Kendrick G. A. and Walker D. I., 1995. Dispersal of propagules of *Sargassum* spp. (Sargassaceae phaeophyta) : observations of local patterns of dispersal and possible consequences for recruitment and population structure. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 192 273–288
26	Kirkman H. & Kendrick G. A., 1997. Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beachcast macroalgae and seagrasses in Australia: A review; J. Appl. Phycol. 9 311–326
	Krishnamurthy V., 1967. Seaweed drift on the Indian coast. Proceedings of the Symposium "Indian Ocean"; Bull. Nat. Inst. Sci. India 38 657–666

	Kruskal W., Wallis W.A., 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association 47 (260): 583–621
	Kulbicki M., Guillemot N., Amand M., 2005 - A general approach to length-weight relationships for New Caledonian lagoon fishes. Cybium 2005, 29 (3): 235-252
	Laboute P., 1988. The presence of scleractinian corals and their means of adapting to a muddy environment: the "Gail Bank", p. 107-111, graph., phot. - International Coral Reef Symposium, 1988/08/8-12, Townsville
	Laboute P., Grandperrin R. 2000. Poissons de Nouvelle-Calédonie, Nouméa : Catherine Ledru, 519 p
	Lasne G., 2007. Les coraux de Nouvelle-Calédonie : Synthèse bibliographique. Cellule de coordination CRISP, IRD, WWF, MNHN, EPHE. 93p
	Lasne G., Menou J.L., Geoffray C., 2006. Description des biocénoses marines et la morphologie baie de Ouémo. Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 26p
	Lasne G., Payri C, Menou J.M., 2006. Description des biocénoses marines et la morphologie à Poindimié. Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 23 p
	Lasne G., Geoffray C., Folcher E., 2007. Description des biocénoses marines et la morphologie à la Pt de Mouly, Ouvéa. Rapports de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 26 p
	Lasne G., Menou J.M., Folcher E., 2007. Description des biocénoses marines et la morphologie à Xépénéhé, Lifou. Rapport de mission confidentiel, Centre IRD de Nouméa, 28 p
	Lasne G., 2010. Inventaire des coraux scléractiniaires du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie – Campagne CORALCAL III, 10-30 mars 2009. 122p
27	Leite F.P. and Turra A., 2003. Temporal variation in *Sargassum* biomass, Hypnea Epiphytism and associated fauna. Brazilian archives of Biol. and Technol., 46(4): 665-671
36	Lenanton R. C. J., Robertson A. I. and Hansen J. A., 1982. Nearshore accumulations of detached macrophytes as nursery areas for fish; Mar. Ecol. Prog. Series 9 51–57
	Levi C., Bargibant G., Menou J.L., Laboute P., 1998. Sponges of the New Caledonian Lagoon. Edition de l'ORSTOM. 214p
	Lloyd's register, 2009. Investigation into the Sulphuric Acid Leak to the Envitonment. Vale Inco Goro Site. Pour la Direction de l'Industrie des Mines er de l'Energie de Nouvelle-Calédonie. Version 02, 37 p
30	McClanahan T.R., Nugues M. and Mwachireya S., 1994. Fish and sea urchin herbivory and competition in Kenyan coral reef lagoons: the role of reef management. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 184 (2): 237-254
	Motomura I., 1932. A statistical treatment of associations, Jpn. J. Zool. 44: 379–383
	Mundy C. These about accuracy and precision of the LIT method. James Cook University Townsville 1985
32	Mukai H., 1971. The phytal animal on the thalli of *Sargassum serratifolium* in the Sargassum region, with reference to their seasonal fluctuations. Mar. Biol., 8: 170-182
	Norton A. C., Mathieson A. C. and Neushul M., 1982. A review of some aspects of form and function in seaweeds; Bot. Mar. 25 501–510
	Ormond R.F.G., Roberts C., 1997. The biodiversity of coral reef fishes. In: Ormond, R.F.G., Gage, J.D., Angel, M.V. (Eds.), Marine Biodiversity: Patterns and Processes. Cambridge University Press, pp. 216–257
31	Ornellas A.B. and Coutinho R.,1998. Spatial and temporal patterns of distribution and abundance of a tropical fish assemblage in a seasonal Sargassumbed, Cabo Frio Island, Brazil. J. Fish Biol, 53 (A): 198-208
	Payri C.E., 1988. *Halimeda* contribution to organic and inorganic production in a Tahitian reef system. Coral Reefs, 6,251-262
	Payri C.E. & N'Yeurt A.D.R., 1997. A revised Checklist of Polynesian benthic Marine Algae, Australian Systematic Botany, 10: 867-910
10	Payri C., N'Yeurt A.R. & Orempüller J., 2001. Algae of french Polynesia -Algues de Polynésie Française. Edition Au Vent des îles - tahiti, 320pp
	Payri C. et Richer de Forges B., 2006. Compendium of marine species from New Caledonia. Doc. Sci. Tech. II7 volume spécial, IRD
	Pearson E.S. et Hartley H.O., 1966. Biometrika tables for statisticians (Vol I) University Press, Cambridge, 264p
	Pichon M., 2006. Biodiversité des coraux scléractiniaires de Nouvelle-Calédonie. Rapport sur la mission effectuée à Nouméa Nouvelle-Calédonie du 4 au 21 mai 2006. Rapports de mission confidentiels
	Pichon M. 2006. Scleractinia of New-Caledonia. Check list of reef dwelling species. Rapports de mission confidentiels
	Pichon M. 2006. Scleractinia of New-Caledonia.in Payri C. et Richer de Forges B., (eds). Compendium of marine species from New Caledonia. Doc. Sci. Tech. II7 volume spécial, IRD : 148-155
	Pichon M. et al., 2007 Biodiversité des coraux scléractiniaires de Nouvelle-Calédonie. Rapport de mission confidentiel du Diahot du 17 novembre au 12 décembre 2006 (EPHE), 26p
22	Raju P. V. & Venugopal R., 1971. Appearance and growth of *Sargassum plagiophyllum* (Mart) C. Ag. on a fresh substratum; Bot. Mar. 14(1) 36–38
	Randall J.E., Allen G.R. and R.C. Steene, 1990. Fishes of the Great Barrier Reef and Coral Sea. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii. 506 p
	Randall J.E., 2005. Reef and shore fishes of the South Pacific. University of Hawaii, Press book. 707 p
12	Reynolds & Casterlin, 1977. Effect of temperature on the growth rate of *Griffithsia tenuis* C. Agardh (rhodophyta: ceramiales). Hydrobiologia vol. 56, 3, pag. 225-227

	Richer de Forges B., Laboute P., 2004. Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie, 1600 espèces. Edition Catherine Ledru-IRD
	Risk M.J., Risk A.C., 1997. Reef surveys as an aid in management. Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym. 2, 1471±1474.
29	Rossier O. and Kulbicki M., 2000. A comparison of fish assemblages fromtwo types of algal beds and coral reefs in the south-west lagoon of New Caledonia. Cybium, 24: 3-26
	Salvat Bernard, 1996. Suivi scientifique du phénomène de blanchissement des coraux en Polynésie française, Follow up of coral bleaching in French Polynesia. 97 p. (bibl.: dissem.), ENV-SRAE - 92006
	Sato M., 1984. Mortality and growth of juvenile coral *Pocillopora damicornis* (Linnaeus) Univ. Ryukyus, dep. marine sci., Okinawa 903 01, JAPON
38	Sheng P.X., Ting Y.P., Chen J.P. and Hong L., 2004. Sorbtion of lead, copper, cadmium, zinc and nickel by marine algal biomass: characterization of biosorptive capacity andinvestigation of mechanisms. J. Coll. Int. Sc., 275: 131-141
16	Silva P. C., 2002.Overview of the Genus *Caulerpa*, University Herbarium. International *Caulerpa taxifolia* conference
40	Soubeyran Y., Meyer J.Y. et le Groupe de travail « Espèces Exogènes », 2011. Expertise du « Plan opérationnel pour la maîtrise des espèces exogènes » de la société Vale Nouvelle-Calédonie. Rapport final. 34p
	Spalding M.D., Ravilious C. & Green E.P., 2001. World atlas of coral reefs. University of California Press, 424 p
37	Stiger V., Deslandes E. and Payri C.0, 2004. Phenolic contents of twobrown algae, *Turbinaria ornata* and *Sargassum mangarevenseon* Tahiti (French Polynesia): interspecific, ontogenic and spatio-temporal variations. Botanica Marina 5
34	Tanaka M.O. and Leite F.P., 2003. Spacial scaling in the distribution of macrofauna associated with *Sargassum stenophyllum* (Martens) Martius: analysis of faunal group, gammarid life habits, and assemblage structure. Journal of Exp. Mar. Biol. Ecol., 293(1): 1-22
	Veron J.E.N., Pichon M., 1980. Scleractinia of Eastern Australia. Part 3. Families Agaricidae, Siderastreidae, Fungiidae, Oculinidae, Merulinidae, Mussidae, Pectinidae, Caryophyllidae, Dendrophylliidae. Mem. Austral. Inst. Marine Sci. 4. 422 pp
	Veron J.E.N.., Wallace C.C., 1984. Scleractinia of eastern Australia. IV Familly Acroporidae. Aust. Inst. Mar. Sci. Monogr. Ser. 6. 485p
	Veron J.E.N., 1986. Coral of Australia and the Indo-Pacific. Angus and Robertson Publishers. 644 p
	Veron J.E.N., 1995; Corals in space and time, the biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sydney. 321p
	Vezie C., Bertru G., Brient L. & Lefeuvre J.C., 1997. Blooms de Cyanobactéries hépatotoxiques dans l'ouest de la France. TSM, 10, 39-46
	Wallace C., 1999. Staghorn Corals of the World. A revision of the Genus Acropora. (ed) CSIRO Publishing pp. 422p
	Wells J.W., 1959. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 1 and 2. Pac. Sci., 13 (3) : 286-290
	Wells J.W., 1961. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals, Part 3. A new reef coral from New Caledonia. Pac. Sci., 15 : 189-191
	Wells J.W., 1964. The recent solitary Mussid Scleractinian corals. Zool. Meded., Leiden, 39 : 375-384
	Wells J.W., 1968. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Parts 5 and 6. Pac. Sci., 22 (2) : 274-276
	Wells J.W., 1971. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 7. Pac. Sci., 25 (3) : 368-371
	Wells J.W., 1984. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals. Part 10. Pac. Sci., 38 (3) : 205-219
	Whittaker R.H., 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monographs 30, 279–338
	Whittaker, R. H. (1972) Evolution and measurement of species diversity Taxon 21 : 213-51
	Whittaker R.H., 1977. Species diversity in land communities. Evolutionary Biology 10, 1–67
	Wijsman-Best M., 1972. Systematics and ecology of New Caledonia Faviidae (Coelenterata, Scleractinia). Bijdr. Dierk., 42 (1) : 1-90
	Wijsman-Best M., 1973. A new species of the Pacific coral genus Blastomussa from New Caledonia. Pac. Sci., 27 (2) : 154-155
	Wijsman-Best M., 1974. Habitat-induced modification of reef corals (Faviidae) and its consequences for taxonomy. In: Proceedings of the Second international coral reef symposium (Cameron-A-M editor), Volume 2; coral settlement and growth : 217-228
	Wilcoson F., 1945. Individual comprarisons by ranking methods. Biometrics Bulletin 1 (6): 80–83
	http://coordination-maree-noire.eu/spip.php?article9029
	http://www.bonnagreement.org/fr/html/recent-incidents/accidents_chimiques.htm
	www.cnrs.fr
	www.com.univ-mrs.fr/IRD
	http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/recifs.htm
11	http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/algues.htm
	www.coraux.univ-reunion.fr
	www.crisponline.net/Portals/1/PDF/CRISP_Synthese_bibliographique_coraux.pdf
41	www.meteo.nc
	www.ird.fr
	www.sealifebase.org/
17	http://www.sgnis.org/
	http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_species_abundanceet http://seme.ugar.qc.ca/18_effets_communautes/effets_communautes.htm
	www. wikipedia.org

Aqua Terra

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

Milieu marin : états initiaux & **suivis**, échantillonnage terrain : courantologie, substrat (LIT), benthos & coraux, poissons (TLV), prélèvements eau & sédiment. Toutes les méthodes du guide du CNRT. Dossier DAODPM

Milieu eaux douces : états initiaux & **suivis** avec prélèvements eau & sédiment et faune benthique. **Indices biotiques** (dont IBNC et IBS), indice EPT, structure des populations …

Plans de restauration et de réhabilitation : milieu marin (récifs), mangroves et rivières

Gestion de la flore et écologie : états initiaux**, inventaires floristiques,** zonation de formations végétales, études d'impact, plans de conservation, **plans de restauration**, revégétalisation de sites miniers, génie végétal, valorisation du milieu naturel, **Maitrise d'œuvre** / suivi de chantier en revégétalisation

Mines et carrières : techniques minières, exploitation, **fermeture de site** (gestion des eaux, terrassement, revégétalisation), **gestion des eaux** (audit, conception d'ouvrages, plans), dossiers de **Demande d'Autorisation d'Exploitation** nouvelle ou en régularisation selon le nouveau Code Minier, **Demande de Travaux de Recherche** selon le nouveau Code minier, ICPE, hydrologie et hydrogéologie, **Maitrise d'œuvre / suivi de chantier** en terrassement, gestion des eaux et revégétalisation

Etudes Environnementales, ICPE, EFE, EI, DAODPM : dans les domaines des déchets, des projets industriels, des projets d'aménagement, des projets en milieu naturel (maritime, dulçaquicole ou terrestre), pour la conception de projet dans un but de développement durable (aménagements aquatiques, écotourisme, épuration biologique des eaux, rédaction de plan HSE, suivi de chantier, de certification, …)

Formation, sensibilisation, management : environnement, normes, réglementations, audits internes**, Management qualité** – Norme ISO 9001, **Management environnemental** – Norme ISO 14001

aquaterra@aquaterra-nc.com

ANNEXE VI

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ACREM Association Calédonienne de Recherche en Environnement
ANOVA Analysis Of Variance", ou "Analyse de la Variance".
F0, 95 Seuil de confiance choisi 5%, le choix du risque est de 5%, l'hypothèse est vérifiée à 95%
HO Hypothèse O, ici hypothèse d'homogénéité, elle sera acceptée ou rejeté par le test statistique
LIT Ligne Intercept Transect (ruban ou couloir formant une ligne de longueur donnée)
NE Nord -est
NW Nord –ouest
SE Sud-est
ST Station fixe de suivi des écosystèmes marins, matérialisée au fond de l'eau par des piquets
St Point de prélèvement d'un échantillon d'eau de mer
SW Sud-ouest
TLV Transect à longueur variable
µ 0,000 001 ou micro

PARAMETRES

Ag	Argent
Al	Aluminium
As	Arsenic
B	Bore
Ba	Baryum
Be	Béryllium
Bi	Bismuth
Ca	Calcium
CaCO3	Carbonates de calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chlore
Co	Cobalt
COT	Carbone organique total
Cr	Chrome
CrVI	Chrome VI
Cu	Cuivre
DBO5	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
F	Fluor
Fe	Fer
FeII	Fer II
HT	Hydrocarbures totaux
K	Potassium
Li	Lithium
MES	Matières en suspension
MEST	Matières en suspension totales
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
Na	Sodium

NB	Nota bene
NH3	Ammonium
Ni	Nickel
NO2	Nitrites
NO3	Nitrates
NT	Azote total
P	Phosphore
Pb	Plomb
pH	Potentiel hydrogène
PO4	Phosphates
S	Soufre
Sb	Antimoine
Se	Sélénium
Si	Silice
SiO2	Oxyde de silicium
Sn	Etain
SO4	Sulfates
Sr	Strontium
T°	Température
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
Te	Tellure
Th	Thorium
Ti	Titane
Tl	Thallium
U	Uranium
V	Vanadium
WJ	Wadjana
Zn	Zinc